image
not
available

Jahrbuch der Astronomie u. Geophysik


Jahrbuch der Astronomie u. Geophysik

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

XII. Jahrgang 1901.

Mit 5 Tafeln in Schwarz- und Buntdruck.

EDUARD HEINRICH MAYER
Verlagsbuchhandlung
Leipzig 1902.

Inhaltsübersicht.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Sonnenstatistik 1900. Die Relativzahlen der Sonnenflecke sind wiederum von A. Wolfer festgestellt worden.[1]) Die nachstehende Tabelle enthält die Resultate auf Grund der in Zürich und an fünfzehn andern Orten angestellten Beobachtungen, und zwar bezeichnet n die Zahl der Beobachtungstage, m die Zahl der fleckenfreien Tage, und r die mittlere Relativzahl.

1900	n	m	r
Januar	31	10	9.4
Februar	28	13	13.6
März	31	14	8.6
April	30	3	16.0
Mai	31	8	15.2
Juni	30	9	12.1
Juli	31	14	8.3
August	31	21	4.3
September	30	13	8.3
Oktober	31	8	12.9
November	30	16	4.5
Dezember	31	29	0.3
Jahr	365	158	9.5

»Das Jahresmittel r = 9.5 hat gegenüber dem vorhergehenden Jahre (r = 12.1) wenig abgenommen, auch die einzelnen Monatsmittel halten sich durchschnittlich noch auf beträchtlicher Höhe, die ganz niedern Zahlen, — August, November, Dezember — wie sie sich sonst in der unmittelbaren Nähe eines Minimums anzuhäufen pflegen, bilden immer noch Ausnahmen. Zieht man frühere Minima zur Vergleichung herbei, so würde 1900 etwa den Jahren 1877 und 1888 an die Seite zu stellen sein, die beide den damaligen Minimalepochen noch um ein Jahr voraus gingen. Auch die Zahl der flecken-

[1]) Astron. Mitteilungen von A. Wolfer No. 92. Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich 1901. p. 28.

freien Tage, obschon grösser als 1899, hat noch nicht diejenige Grenze erreicht, die für ein Minimum im allgemeinen bezeichnend ist. So zählt das Minimaljahr 1889 deren 212, 1878 sogar 280, während 1888 erst 151, 1877 nur 142 enthielt; auch in dieser Hinsicht würde also 1900 den beiden letztgenannten entsprechen, d. h. ein Jahr vor einem Minimum sein.« Endlich ist hinzuzufügen, dass Wolfer im Jahre 1900 nur zwei vereinzelte, je bloss einen Tag bestehende kleine Flecke in höhern Breiten beobachtet hat, den einen am 30. August in 21°, den andern am 24. September in 25°; die ersten Anzeichen der neuen Thätigkeitsperiode sind also auch in diesem Jahre in noch kaum merklicher Zahl zu konstatieren gewesen. »Es ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die Epoche des Minimums frühestens in das Jahr 1901 fallen wird; die Beobachtungen der ersten Monate von 1901 scheinen nun allerdings zu zeigen, dass sie unmittelbar bevorsteht, wenn nicht schon erreicht ist.«

Hauptzentra der Sonnenthätigkeit. A. Wolfer hat seit 1887 Beobachtungen begonnen, um die Verteilung der Flecken-, Fackeln- und Protuberanzenbildungen auf der Sonne mit Bezug auf deren Verteilung in der Richtung der Rotation (also unter verschiedenen Meridianen) festzustellen. Diese Beobachtungen wurden bis 1900 nach dem nämlichen Verfahren fortgeführt, und Lücken durch Aufzeichnungen der italienischen Sonnenbeobachter ergänzt. Wolfer hat bis jetzt 81 Rotationsperioden der Sonne, einen sechsjährigen Zeitraum umfassend, untersucht und dadurch mehrere interessante Ergebnisse festgestellt.[1]) Zunächst ergab sich, dass die Sonnenthätigkeit deutlicher und regelmässiger durch die Fackeln als durch die Flecke angezeigt wird, indem man erstere oft an Stellen fortbestehen sieht, wo die letztern bereits verschwunden sind. Die Fackeln stellen durch ihre Dauerhaftigkeit die Verbindung zwischen den einzelnen Rotationsperioden her, und man kann öfter Fackeln an ein und derselben Stelle der Sonnenoberfläche während einer grössern Anzahl von successiven Rotationen wahrnehmen. Dies beweist, dass während dieser ganzen Zeit die erste Ursache der Sonnenthätigkeit an der betreffenden Stelle angedauert hat. Auch die Wasserstoffprotuberanzen zeigen eine Tendenz zur Gruppenbildung und zum Verweilen an bestimmten Orten; selbst während mehrerer Rotationsperioden können sie an derselben Stelle wahrgenommen werden; doch ist diese Eigenheit bei ihnen weniger ausgesprochen wie bei den Flecken und namentlich wie bei den Fackeln.

Bezüglich der Verteilung der verschiedenen Elemente der Sonnenthätigkeit: Flecke, Fackeln und Protuberanzen nach der heliographischen Breite lehren die Karten nichts, was nicht schon bekannt gewesen wäre; aber die Thatsachen treten hier mit grösserer Schärfe

[1]) Memorie della Soc. degli Spettrosc. Ital. 1900. 29 p. 152.

auf und weisen unverkennbarer darauf hin, dass die Sonnenthätigkeit eine Tendenz besitzt, sich in bestimmten Gegenden zu konzentrieren und dort während einer Reihe von successiven Rotationen der Sonnenkugel fortzudauern. Es schien Prof. Wolfer daher von Interesse, die Dauer dieser Lokalisation und die Verteilung der verschiedenen Thätigkeitsherde während eines längern Zeitabschnittes zu untersuchen. Die kartographische Darstellung der Verteilung der Phänomene, die für die Zeit vor dem Fleckenminimum und für die nach demselben getrennt vorgenommen worden, zeigt, dass die Gebiete der Thätigkeit, die durch die Fackelgruppen angezeigt werden, nicht gleichmässig über alle Meridiane ihrer Zone verteilt sind; sie bilden vielmehr mehr oder weniger gedrängte Haufen, die sich um zwei diametral entgegengesetzte Meridiane gruppieren, und zwar sowohl in der Periode 1887—1889 wie in der 1890—1892. Dennoch zeigen sich die dem Carrington-Spörerschen Gesetze entsprechenden Verschiebungen in der heliographischen Breite. Das nämliche lehren die Karten der Flecke und Protuberanzen, wenn auch weniger deutlich. Ferner zeigen die Karten, dass in den beiden dreijährigen Perioden die Bildung der Flecke und Fackeln in den Umgebungen einiger Hauptzentren stattgefunden hat, welche ohne Unterbrechung fortbestanden. In den Jahren 1887—1889 existierten zwei derartige Zentra, die beide in der Nähe des Äquators einander diametral gegenüberstanden. In der Epoche 1890—1892 gab es vier, und zwar zwei auf jeder Hemisphäre, jede der andern opponiert. Diese Zentra lassen eine Verschiebung an der Sonnenoberfläche erkennen, welche in der Periode 1887—1889 eine Zunahme ihrer heliographischen Länge ziemlich proportional der Zeit herbeiführte, während in der Periode 1890—1892 eine ähnliche Verschiebung, jedoch entsprechend einer Abnahme der heliographischen Länge, stattfand. Der Grund für diese Verschiebungen liegt, wie Wolfer zeigt, in der schon durch die Fleckenbeobachtungen konstatierten, ungleichmässigen Bewegung der Sonnenoberfläche, deren definitive Feststellung erst auf Grund der Beobachtungen der ganzen Periode möglich sein wird, während vorläufig ihre Berechnung nur eine annähernde gewesen.

»Das interessanteste und für die Sonnenphysik wichtigste Ergebnis ist folgendes: Die Erscheinungen der Sonnenthätigkeit in Gestalt von Flecken und Fackeln treten während langer Perioden in den Umgebungen gewisser Hauptzentra auf, in denen ohne Unterbrechung die Hauptursache dieser Thätigkeit persistiert. Derartige Feststellungen führen zweifellos zu dem Schlusse, dass die diese Thätigkeit bestimmenden Ursachen sich nicht ausserhalb der Sonnenkugel finden, sondern in ihr selbst residieren müssen, wahrscheinlich nicht weit von der Oberfläche. Die Vergleichung der Beobachtungen nach 1893 bis Ende 1900 wird zeigen, ob diese Thätigkeitszentra an der Sonnenoberfläche sich in Permanenz befinden, welches ihre etwaige Dauer sein mag, und welche Beziehungen zwischen

ihnen existieren. Eine summarische Reduktion der gesammelten, aber noch nicht veröffentlichten Beobachtungen scheint in der That zu bestätigen, was wir oben gefunden haben.«

Über die Periode der Sonnenflecke hat S. Newcomb eine spezielle Untersuchung angestellt.[1]) Er stützt sich dabei auf 26 beobachtete Maxima ihrer Häufigkeit zwischen 1615 und 1893 und auf eine gleiche Anzahl Minima von 1610 bis 1889, die er den Feststellungen von Wolf entnimmt. Daneben benutzt er als Epochen noch sogenannte »Halbzeitphasen« der zu- und abnehmenden Fleckenthätigkeit. Dieselben bestimmt er, indem er die Hälfte der Summe der Relativzahlen eines Minimal- und Maximaljahres nimmt und die in den jährlichen Relativzahlen dieser entsprechende Epoche als die der »Halbzeitphase« berechnet. Als Endwert findet Newcomb:

mittlere Dauer der Fleckenperiode: 11.13 $\pm$ 0.02 Jahre,
Zunahme vom Minimum zum Maximum: 4.62 Jahre,
Abnahme vom Maximum zum Minimum: 6.51 Jahre.

Auch kommt Newcomb zu dem Ergebnisse, dass, entgegen der Annahme Spörers, keine systematische Differenz zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre bezüglich der Phasen der Fleckenthätigkeit besteht, während allerdings jede Hemisphäre für sich beträchtlichen Unregelmässigkeiten in dieser Beziehung unterliegt. Spörer hatte auch gefunden, dass die Fleckenhäufigkeit der südlichen Hemisphäre grösser als die der nördlichen war. Dies wird durch die neuern Greenwicher Beobachtungen bestätigt, und Newcomb giebt folgende Tabelle für die gesamte Fleckenthätigkeit jeder Hemisphäre, wobei er Spörers Zahlen für 1856—1877 und die Greenwicher mittlern täglichen Fleckenareale für die Zeit von 1878—1898 benutzt.

	Nördl.	Südl. Hemisphäre	S—N.	
1856—66	3442	3680	238	Spörer
67—77	3247	3698	451	„
78—88	2479	3434	955	Greenwich
89—98	3198	3908	710	„

Hiernach war in der That die Fleckenthätigkeit der südlichen Sonnenhemisphäre mindestens in den letzten fünf Fleckencyklen um $^1/_5$ grösser als die der nördlichen. Schliesslich giebt Newcomb noch folgende Epochen der Maxima und Minima der Flecken gemäss seiner Rechnungen:

Maxima	Minima
1871.52	1878.03
1882.65	1889.16
1893.78	1900.29
1904.91	1911.42
1916.04	1922.55
1927.17	1933.68.

[1]) Astrophys. Journ. 1901. **13.** p. 1.

Gallium in der Sonnenatmosphäre. In der Gruppe der sogenannten Erdmetalle zeichnet sich das in einigen Zinkblenden sehr selten vorkommende Gallium durch ein Spektrum aus, welches aus zwei glänzenden violetten Linien besteht. Durch dieses wurde das Gallium als besonderes chemisches Element auch zuerst erkannt. In den Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Dublin haben Hartley und Ramage eine Arbeit über die Wellenlängen der Hauptlinien des Galliumspektrums veröffentlicht. Sie haben für die beiden hervorragenden Linien desselben die Wellenlängen $\lambda = 4172.214$ und 4033.125 gefunden. Die einschlägigen Messungen wurden an den umgekehrten (dunklen) Linien ausgeführt, die das Flammenbogenspektrum von Eisen lieferte, welches einen starken Zusatz des beim Verbrennen von Galliumferrocyanid erhaltenen Rückstandes enthielt. Die genannten Forscher, welche früher schon den Nachweis geliefert haben, dass das Gallium fein verteilt in der Erdrinde ist, in den Aschen und dem Staube der Vulkane Neuseelands und des Krakatau sich findet und auch mit Nickel und Kobalt vereint in Eisenmeteoriten auftritt, finden jetzt, dass es auch in der Sonne vorhanden ist. Im Sonnenspektrum finden sich nämlich zwei dunkle Linien, deren Wellenlängen sind $\lambda = 4172.122$ und 4033.112. Hartley und Ramage glauben, dass diese Linien mit denjenigen des Galliums identisch sind. Allerdings dürfte die Menge des Galliums in der Sonne im Verhältnis zu ihrer Eisenmenge eine geringe sein, indem dem Sonnenspektrum am besten das Flammenbogenspektrum von Stichofeneisen ähnelt, das auf 30 000 Gewichtsteile Eisen einen Gewichtsteil Gallium enthält.

Die Strahlenbrechung auf der Sonne und das Wesen der Protuberanzen. Bekanntlich hat Prof. Dr. A. Schmidt in Stuttgart zuerst den wichtigen Einfluss erkannt und nachgewiesen, den die Strahlenbrechung in der Sonne selbst auf den Lauf der Strahlen, welche unser Auge erreichen, und die Gestalten, die sich uns damit darbieten, ausübt. Es kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, dass jede Sonnentheorie auf die Strahlenbrechung in der Sonnenatmosphäre Rücksicht nehmen muss. Einen Beitrag zu dieser Frage lieferte neuerdings W. H. Julius in Utrecht,[1] indem er den Einfluss anomaler Dispersion der Lichtstrahlen auf gewisse am Sonnenrande und in den Sonnenflecken beobachtete Erscheinungen untersuchte und nachwies, dass dieselben in der That als Folgen anomaler Dispersion des Lichtes betrachtet werden können.

Gewisse von Julius näher beschriebene Versuche mit gelbem Natriumlichte (dessen Spektrum hauptsächlich aus den beiden Linien D_1 und D_2 besteht) führten ihn zu folgendem Schlusse:

[1] Astron. Nachr. No. 3672.

1. Wenn Licht, von einer Quelle mit kontinuierlichem Spektrum herrührend, einen Raum durchsetzt, in dem Natriumdampf ungleichmässig verteilt ist, so werden die Strahlen in der Umgebung der D-Linien in weit stärkerem Masse als alle übrigen ihre Richtung ändern. Vor allem bezieht sich das auf solche Lichtarten, deren Wellenlänge denen von D_1 und D_2 so nahe ist, dass dieselben von dem Natriumlichte kaum zu unterscheiden sind. Schwachleuchtendem, vom weissen Lichte einer starken Quelle durchstrahltem Natriumdampf kann also in schiefer Richtung (d. h. unter einem gewissen Winkel mit der Richtung der einfallenden Strahlen) ein ziemlich intensives Licht zu entspringen scheinen, das dem Natriumlicht täuschend ähnlich ist und dennoch in der fremden Quelle seinen Ursprung hat.

2. Untersucht man das Licht, das den mit Natriumdampf erfüllten Raum nahezu geradlinig durchsetzt, spektroskopisch, so kann der Fall eintreten, dass die Absorptionslinien stark verbreitert erscheinen infolge des Umstandes, dass das dahin gehörige Licht für den grössten Teil seitwärts abgelenkt wird und also den Spalt des Spektroskopes nicht erreicht.

Die erste dieser Folgerungen wendet Julius nun auf Erscheinungen in der Umgebung der Sonnenscheibe an und findet, dass sie ausreicht, um die Hauptcharaktere im Aussehen der Linien der Chromosphäre völlig zu erklären. Diese Linien sind an ihrer Basis gewöhnlich breit und laufen pfeilförmig zu, namentlich die Wasserstofflinien der Chromosphäre. Diese eigentümliche Gestalt der Chromosphärenlinien ist freilich auch, wie es gewöhnlich geschieht, zu erklären aus der Annahme, dass sich in der Chromosphäre intensiv strahlende Gase und Metalldämpfe befänden, deren Dichte nahe an der Photosphäre sehr bedeutend wäre und nach aussen hin schnell abnähme. Das beobachtete Licht würde alsdann ausschliesslich von diesen leuchtenden Dämpfen herrühren. Das neue Erklärungsprinzip des Chromosphärenlichtes schliesst nun freilich die Annahme, es entspringe thatsächlich teilweise der Eigenstrahlung glühender Gase, keinesfalls aus; Julius behauptet nur, dass es sich in den meisten Fällen als abgelenktes Photosphärenlicht auffassen lässt. Eine nähere Zusammenstellung der verschiedenen Sonnenphänomene muss entscheiden, welche Erklärung uns das beste Gesamtbild gewährt.

»Öfters« sagt er weiter, »erscheinen die Chromosphärenlinien in sonderbarer Gestalt, mit Verdickungen, Ästen, Büscheln, abgelösten Teilen u. s. w. Bis jetzt hat man dies nur nach dem Dopplerschen Prinzip zu erklären gewusst, also durch die Voraussetzung, die strahlenden Gase nähern oder entfernen sich mit ungeheuren Schnelligkeiten, bis über 200 *km* in der Sekunde. Wie von den Astronomen allgemein anerkannt wird, stösst man mit dieser Erklärung auf grosse Schwierigkeiten, auf die wir aber hier nicht näher einzugehen brauchen.

Neben dem Dopplerschen Prinzip können wir jetzt in dem der anomalen Dispersion ein anderes anführen, das gleichfalls einem Gase die Fähigkeit beilegt, uns unter gewissen Umständen Licht zugehen zu lassen, welches von den für diesen Stoff charakteristischen Strahlenarten in der Wellenlänge abweicht.

In einiger Entfernung über dem Sonnenrande befinde sich z. B. Wasserstoff von an verschiedenen Stellen sehr ungleicher Dichtigkeit. Derselbe wird alsdann nicht bloss sein eigenes Licht ausstrahlen, sondern auch stellenweise Photosphärenlicht von benachbarten Wellenlängen nach der Erde hinbiegen. Im Spektrum zeigt sich dies selbstverständlich als Auswüchse oder Verzweigungen der Wasserstofflinien oder als isolierte Lichtflecken in deren Nähe. Diese Erscheinungen wird man insonderheit erwarten können, wenn der Spalt auf Protuberanzen, wo heftige Bewegungen stattfinden, und also auch wohl bedeutende Dichtigkeitsdifferenzen vorkommen, eingestellt worden ist.

Obgleich nun unsere neue Erklärung dieser Unregelmässigkeiten im Spektrum gleichfalls auf der Voraussetzung beruht, dass mit denselben heftige Bewegungen in der Sonnenatmosphäre verbunden seien, so brauchen wir dennoch offenbar die ungeheuren Geschwindigkeiten, welche die Erklärung nach Dopplers Prinzip erfordern würde, keineswegs anzunehmen.

Von all' dem Lichte, das Chromosphäre und Protuberanzen uns zusenden, mag also ein Teil von der Eigenstrahlung der daselbst befindlichen Gase herrühren — ein anderer, wahrscheinlich sehr bedeutender Teil ist als gebrochenes Photosphärenlicht zu deuten.

Lassen wir momentan die eigene Strahlung der Gase in der Sonnenatmosphäre ausser Betracht, so werden bei radialer Lage des Spaltes diejenigen Chromosphärenlinien am längsten und am hellsten sein, die den Absorptionslinien, für welche die Erscheinung der anomalen Dispersion am kräftigsten hervortritt, entsprechen. Wir bemerken, dass die beiden Natriumlinien die Fähigkeit, diese Phänomene hervorzurufen, in sehr verschiedenem Grade besitzen. Setzen wir voraus — was gewiss nicht zu kühn ist —, dass auch die Linien des Wasserstoffs und der andern Chromosphärengase ähnliche individuelle Unterschiede darbieten, so wissen wir gleich, weshalb im Chromosphärenspektrum einige Linien eines Elementes lang, andere kurz sind, und weshalb daselbst die Intensitäten der Linien eines nämlichen Elementes sich oft so durchaus anders zu einander verhalten als im Emissionsspektrum oder im Fraunhoferschen Absorptionsspektrum. Freilich wird man die anomale Dispersion einer Anzahl Substanzen gründlich untersuchen müssen, um bestimmen zu können, inwiefern unsere Betrachtung im stande sei, die schon bekannten oder noch aufzufindenden Einzelheiten im Chromosphärenspektrum zu deuten. So wird es sich z. B. zeigen müssen, ob jene Elemente, deren Linien im Chromosphärenlicht am meisten

hervortreten, auch in der That besonders starke anomale Dispersion veranlassen — ein ausgedehntes, noch kaum betretenes Feld der experimentellen Forschung.«

Die zweite oben erwähnte Folgerung wendet Julius auf die Sonnenflecke an. Im Spektrum derselben zeigen sich bekanntlich viele Fraunhofersche Linien stark verbreitert. Man hat dies bis jetzt ausschliesslich der Anwesenheit verdichteter, absorbierender Gase zugeschrieben. Indem sich Julius auf den Standpunkt der Schmidtschen Sonnentheorie stellt, kommt er zu dem Resultate, dass Strahlen, welche in der Sonne anomale Dispersion erlitten haben, im Fleckenspektrum teilweise fehlen müssen und eben dadurch die Fraunhoferschen Linien verbreitert erscheinen.

Über die Bedeutung der anomalen Dispersion des Lichtes für die Theorie der Sonnenchromosphäre und der Protuberanzen verbreitete sich, auf Grund eigener Versuche, J. Wilsing,[1]) und er kommt zu dem Ergebnisse, dass keine Veranlassung vorliege, die ältern Anschauungen über die Natur der Chromosphäre und der Protuberanzen zu verlassen.

Die Versuche von W. H. Julius über die anomale Dispersion des glühenden Natriumdampfes haben diesen (vergl. die vorhergehende Darlegung) zu einer neuen, auf die anomale Dispersion der Metalldämpfe begründete Erklärung der im Spektrum der Sonnenchromosphäre sichtbaren hellen Linien und des bei totalen Sonnenfinsternissen auftretenden »flash« geführt. Später hat Ebert[2]) gezeigt, wie mit Hilfe glühenden Natriumdampfes durch anomale Dispersion Erscheinungen hervorgerufen werden können, welche den am Sonnenrande sichtbaren Protuberanzen sehr ähnlich sind. Die Bestätigung der Theorie Julius, welche sich auch dadurch zu empfehlen scheint, dass die in den Chromosphärenlinien auftretenden Verzerrungen sich mit Leichtigkeit erklären lassen, ohne dass man, bisher vom Dopplerschen Prinzip ausgehend, zur Annahme ausserordentlich grosser Geschwindigkeiten genötigt wird, hängt indessen, wie er selbst ausdrücklich bemerkt, wesentlich davon ab, ob auch andere Stoffe anomale Dispersion zeigen. Kundt hielt in Übereinstimmung mit der Theorie das Vorhandensein anomaler Dispersion für Licht, dessen Wellenlänge sich der Wellenlänge der Eigenschwingung des Gases nähert, für eine allgemein gültige Eigenschaft der Gase. Indessen ist der Nachweis einer merklichen anomalen Dispersion ausser für Natrium bisher nur für Kalium von Winkelmann[3]) und für Thallium von Wood[4]) erbracht worden. Diese Untersuchungen haben aber für die Theorie der Chromosphäre keine Bedeutung, da Kalium und Thallium nicht zu den Elementen gehören, welche nach Young stets in der Chromosphäre vorhanden sind. Vielmehr kommen in erster Linie Wasserstoff, Calcium und Helium in Betracht, dann folgen Natrium, Magnesium und Eisen. Die Cal-

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3735.

[2]) Die anomale Dispersion glühender Metalldämpfe und ihr Einfluss auf Phänomene der Sonnenoberfläche. Astron. Nachr. 155. No. 3708.

[3]) Notiz zur anomalen Dispersion glühender Metalldämpfe. Wied. Ann. 32. p. 439.

[4]) On the production of a line spectrum by anomalous dispersion and its application to the »flash spectrum«. Astrophys. Journal 1901. 13.

ciumlinien H und K sind zuweilen in den bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbaren »weissen« Protuberanzen sogar intensiver als die Wasserstofflinien, so dass Hale mit seinem Spektroheliographen die Protuberanzen im Lichte der K-Linie zu photographieren vermochte. Aus diesem Grunde ist die Feststellung, ob Wasserstoff, Calcium und Helium starke anomale Dispersion zeigen, von fundamentaler Bedeutung für die neue Theorie. Wilsing hat nun einige Versuche angestellt, aus welchen hervorgeht, dass die anomale Dispersion des glühenden Calciumdampfes im Vergleiche zu derjenigen des Natriumdampfes unmerklich ist. Zur Verdampfung des Calciums benutzte er den Lichtbogen, welchen die Sonnenstrahlen, von einer schmalen durch den Heliostaten beleuchteten Öffnung ausgehend, durchsetzten, bevor sie durch eine Linse auf dem Spalte des Spektroskopes vereinigt wurden. Während nun beim Hineinbringen von Natrium in den Bogen die Verzerrung des Spektrums in der Nähe der D-Linien, der Beschreibung von Julius entsprechend, in sehr auffallender Weise hervortrat, konnte trotz intensiver Färbung des Bogens und starker auf bedeutende Dichte des Dampfes hinweisender Verbreiterung der Linien das Vorhandensein einer merklichen Dispersion für den Calciumdampf nicht festgestellt werden.

Es liegt auf der Hand, dass die Verschiebungen der Spektrallinien, welche im Spektrum der Protuberanzen auftreten und nach dem Dopplerschen Prinzip zur Annahme sehr bedeutender Geschwindigkeiten in Richtung des Visionsradius führen, durch die Theorie von Julius eine zwanglose Erklärung finden, da die Wellenlänge des Lichtes, welches durch anomale Dispersion der am Sonnenrande befindlichen Metalldämpfe nach der Erde abgelenkt wird, verschieden ist von der Wellenlänge der Eigenschwingungen der betreffenden Dämpfe. Da man aber, hebt Wilsing hervor, durch die direkte Beobachtung des Aufsteigens der Protuberanzen in der Richtung senkrecht zum Visionsradius auf Geschwindigkeiten gleicher Grössenordnung geführt wird, wie durch die Linienverschiebungen, so erhält die ältere Anschauung, welche eine wirkliche Bewegung der Materie annimmt, eine starke Stütze. Wollte man dieses »Aufsteigen« der Dämpfe nach der Dispersionstheorie als optische Täuschung auffassen, so scheint ihm nur die etwas gezwungene Annahme möglich, dass die Begrenzung der Dampfwolke im Beginne der Erscheinung eine solche ist, dass nur vom Fusse derselben Licht durch anomale Brechung zur Erde gelangen kann. Dann bedarf es in der That nur einer verhältnismässig geringfügigen Änderung in der Begrenzung und in der Lage der Schichten gleicher Dichtigkeit, um auch die höhern Teile der Wolke in erborgtem Photosphärenlichte sichtbar zu machen. Allein diese Erklärung des Vorganges dürfte nach Wilsing einer genauern Prüfung nicht Stand halten, da die Beobachtung zeigt, dass die Gestalt und Ausdehnung einer Protuberanz, wie sie im weit geöffneten Spalte des Spektroskopes sichtbar wird, im Lichte der Linien verschiedener Wellenlänge gewöhnlich nicht merklich verschieden ist. Die Unterschiede in den feinern Details z. B. bei Benutzung der Linien $H\alpha$ und $H\beta$ dürften sich nach der ältern Theorie leicht zum grössern Teile aus der verschiedenen Helligkeit und Schärfe beider Linien mit Berücksichtigung rein physiologischer Umstände erklären, da das Auge des Beobachters häufig für rotes und blaues Licht nicht in gleichem Masse empfindlich ist. Vom Standpunkte der Dispersionstheorie würde aber Gleichheit der Gestalt der Protuberanzen in rotem und blauem Lichte auch die Gleichheit der anomalen Brechung für die $H\alpha$ und $H\beta$ benachbarten Strahlen erfordern; im andern Falle müsste die noch niemals beobachtete Erscheinung eintreten, dass im Spektrum einzelner Teile einer Protuberanz z. B. eine Linie in der Nähe von $H\alpha$ sichtbar wäre, während die entsprechende Linie bei $H\beta$ fehlte. Diese Voraussetzung genau gleicher Dispersion ist aber bereits für die beiden Natriumlinien D_1 und D_2 nicht

erfüllt und hat noch weniger Wahrscheinlichkeit, wenn man jene Betrachtung auch auf die Linien des mit dem Wasserstoffe stets gemeinsam auftretenden Heliums und Calciums ausdehnt.

Die Erklärung der bekannten Erscheinung, dass die Heliumlinie D_3 nur am Sonnenrande und zuweilen in der Umgebung der Flecke als helle Linie auftritt, während die entsprechende Absorptionslinie im normalen Spektrum fehlt, gelingt scheinbar nach der Dispersionstheorie ohne Schwierigkeit und soll hervorgehoben werden, da Julius dieselbe nicht erwähnt. Vom Standpunkte der ältern Theorie aus habe ich,[1]) fährt Wilsing fort, die Schwierigkeit, welche darin liegt, dass das Auftreten der Emissionslinie ohne entsprechende Absorptionslinie mit dem Kirchhoffschen Satze im Widerspruche zu stehen scheint, durch die Annahme zu umgehen versucht, dass die helle Linie am Rande nur deshalb sichtbar ist, weil die Ausdehnung der leuchtenden Schicht in der Richtung des Visionsradius am Sonnenrande verhältnismässig sehr bedeutend ist, während die Gasmasse bei einfacher Schichtdicke in der Mitte der Sonnenscheibe nur wenig Licht aussendet und deshalb auch nicht die Absorptionslinie hervorzurufen vermag. Nach der Dispersionstheorie braucht man nur die einfache Annahme zu machen, dass die Emission des Gases in der Chromosphäre verschwindend gering ist, da das am Rande der Sonnenscheibe sichtbare Licht von der Photosphäre herrührt. Doch lässt sich leicht zeigen, dass diese Erklärung des Auftretens der Linie D_3 aus andern Gründen mit den Beobachtungen ganz unvereinbar ist. Denn es erstreckt sich die anomale Dispersion nicht auf die Strahlen selbst, deren Wellenlänge der Eigenschwingung des betr. Gases entspricht, sondern wesentlich auf ein Gebiet, welches von beiden Seiten bis an jene Strahlen heranreicht, und zwar ist der Brechungsexponent auf beiden Seiten der normalen Linie verschieden, kleiner, resp. grösser als die Einheit. Bei normaler Schichtung der Gasmassen in der Chromosphäre, wenn die Dichtigkeit mit der Entfernung von der Sonne abnimmt, können daher nur Strahlen, welche auf der einen Seite der normalen Linie des betr. Gases liegen, zur Erde gelangen. Julius nimmt daher mit Recht an, dass merkliche Verschiebungen der hellen Linien in der Chromosphäre in unmittelbarer Nähe des Randes auftreten müssten, während in grösserer Höhe bei unregelmässiger Dichtigkeitsverteilung auch von der andern Seite der normalen Linie Strahlen, deren Brechungsindex kleiner als die Einheit ist, durch Dispersion wahrnehmbar würden. Streng genommen müsse also im letztern Falle eine feine Doppellinie auftreten, deren Mitte nicht merklich gegen die normale Linie verschoben sei. Nun haben aber Hale,[2]) J. F. Mohler und L. E. Jewell[3]) sehr genaue Bestimmungen der Wellenlänge der gelben Doppellinie des Heliums und der Linie D_3 sowohl in der Chromosphäre als in der Nähe von Flecken ausgeführt, und die Übereinstimmung der Wellenlänge der Linie D_3 mit derjenigen der entsprechenden Linie des Heliums ist gerade in dem Falle eine vollkommene, in welchem nach der Dispersionstheorie merkliche Unterschiede auftreten müssten.

Nach diesen Darlegungen liegt keine Veranlassung vor, die ältern Anschauungen über die Natur der Chromosphäre und der Protuberanzen, wenn man zunächst von der weniger bekannten Erscheinung des »flash« absieht, zu gunsten der neuen Theorie zu verlassen, wenn auch zuzugeben ist, dass die interessanten von Julius und Ebert betrachteten Erscheinungen besonders in Gegenwart glühender Natriumdämpfe merkbar werden können.

[1]) J. Scheiner, Die Spektralanalyse der Gestirne, p. 202. Leipzig 1890.

[2]) Note on the D_3-line in the spectrum of the chromosphere. Astrophys. Journal 2.

[3]) On the wave-length of some of the Helium lines in the vacuum tube and of D_3 in the sun. Astrophys. Journal 3.

Das infrarote Sonnenspektrum. Prof. Langley hat nunmehr seine vieljährigen Beobachtungen über das infrarote oder von ihm sogenannte »neue« Sonnenspektrum veröffentlicht.[1])

Die Wichtigkeit dieser Arbeit erhellt schon allein aus dem Umstande, dass das ganze sichtbare Spektrum zwischen den Linien H und A, sowie das ultraviolette zusammen, in ihrer Erstreckung nur 0.2 der Gesamtenergie der Sonnenstrahlung repräsentieren, während 0.8 auf den infraroten Teil der letztern entfallen. Die Untersuchung dieser ultraroten Strahlen und die Bestimmung der zahlreichen dort vorkommenden Absorptionslinien, die als »kalte« Linien zu bezeichnen sind (in Analogie mit den »dunklen« im sichtbaren Spektrum), hat die wichtigste Förderung überhaupt erst durch Prof. J. P. Langley nach dessen Erfindung des Bolometers (1880) erhalten, das nun an Stelle der bis dahin gebräuchlichen Thermosäule trat. Durch fortwährende Vervollkommnungen ist es Langley gelungen, die Empfindlichkeit des Bolometers von 0.0001^0 auf $0.000\,0001^0$ zu steigern und ebenso die Messung der kalten Linien in Bezug auf Wellenlänge bis zu einem sehr hohen Grade der Genauigkeit zu treiben. Langleys Untersuchungen des infraroten prismatischen Spektrums begannen 1881 auf dem Alleghanyobservatorium, wurde dort 1892 wieder aufgenommen und im Juli 1900 abgeschlossen. Damals war dieses Spektrum nur bis zur Wellenlänge 1 μ bekannt, allein Langley mass über jene Grenze hinaus noch zahlreiche »kalte« Linien, und er bestimmte deren Wellenlänge bis 1.8 μ, d. h. bis zu einer mit dem Buchstaben Ω bezeichneten Linie. In der reinen Luft des 4000 *m* hohen Mount Whitney machte er dann die Entdeckung, dass über Ω hinaus noch ein weiteres Spektrum dieser Art liegt, dessen Ende nicht abzusehen war. Mit seinem damaligen Apparate kam er bis zu einem kalten Bande X von 2.8 μ Wellenlänge. Bei dieser Gelegenheit bestimmte Langley auch die Grösse der Sonnenstrahlung, d. h. die sogenannte Sonnenkonstante und fand, dass ausserhalb der Atmosphäre, bei senkrechtem Auffallen, die Wärmestrahlung der Sonne so gross ist, um pro Minute und Quadratzentimeter der Oberfläche 1 *g* Wasser um mindestens 3^0 C. in seiner Temperatur zu erhöhen, mit andern Worten, dass die Sonnenwärme ausreicht, um in jedem Jahre eine die ganze Erdoberfläche bedeckende Eisschicht von 54.5 *m* Dicke zu schmelzen.

Mit Benutzung von Glasprismen war es nicht möglich, zu grössern Wellenlängen als 2.8 μ vorzudringen, dies gelang erst unter Anwendung von Steinsalzprismen. Die Methode, welche Prof. Langley hierbei anwendete, ist folgende: Ein Prisma aus sehr reinem Steinsalz war auf einem Azimutalkreise befestigt, der durch ein Uhrwerk gleichmässig gedreht wurde, so dass das Spektrum sich in

[1]) Annals of the astrophysical Obs. of the Smithsonian-Institution 1.

einer bestimmten Zeiteinheit um einen bestimmten stets gleich grossen Teil über den Spalt des Bolometers fortbewegte. Sobald eine kalte Linie des Spektrums vorbeizog, wurde das Bolometer abgekühlt und der elektrische Strom verstärkt. Das Bolometer ist mit dem Galvanometer verbunden, und dessen Ausschläge werden auf einer Platte photographisch registriert, die von dem obenerwähnten Uhrwerke synchronisch verschoben wird. Auf diese Weise wurde es möglich, mit grosser Schärfe und in relativ kurzer Zeit die Lage der kalten Linien und Bänder im infraroten Spektrum bis zur Wellenlänge 5.3 μ zu bestimmen.

In der oben angegebenen Publikation giebt Prof. Langley Tabellen und Karten dieses unsichtbaren Spektrums, welche fast 750 Linien enthalten, von welchen die meisten jenseits der Wellenlänge 1.4 μ liegen, und die fast alle neu sind. Für jede Linie wurde die relative Absorption der Sonnenenergie, welche sie hervorruft, bestimmt, ferner ihre genaue Lage und Wellenlänge, letztere mit einem wahrscheinlichen Fehler von nur 5 Zehnmilliontel Millimetern (= 5 Angströmsche Einheiten). In dieser infraroten Region findet hauptsächlich die tellurische Absorption der Sonnenenergie statt, und zwar ist dieselbe je nach den Jahreszeiten verschieden. Dies hat hauptsächlich seinen Grund in Zuständen der Erdatmosphäre, allein Langley glaubt auch gefunden zu haben, dass diese Absorption Veränderungen zeigt, welche ihre Ursache in der Sonne selbst haben und je nach der Jahreszeit verschieden sind. Dieses Ergebnis ist noch nicht völlig sichergestellt, verdient aber die sorgfältigste Prüfung.

Die Untersuchung der bei der Sonnenfinsternis am 22. Januar 1898 photographierten Spektra durch J. Evershed hat denselben zu folgenden Ergebnissen geführt.[1]) Das Spektrum der umkehrenden Schicht der Sonnenatmosphäre, das sogenannte Flash-Spektrum, zeigte beim Vergleich der aus den Photographien bestimmten Wellenlängen mit dem Rowlandschen, dass alle starken, dunklen Sonnenlinien in dieser Schicht als helle Linien vorhanden sind. Alle hellen Linien in der umkehrenden Schicht, ausgenommen Wasserstoff und Helium, fallen mit dunklen Linien zusammen, wofern sie eine grössere Intensität als 3 der Rowlandschen Skala besitzen. Die relativen Intensitäten der Linien in beiden Spektren sind jedoch sehr verschieden. da viele starke Linien der umkehrenden Schicht mit schwachen Sonnenlinien zusammenfallen, und einige starke Sonnenlinien durch schwache Linien im Flash-Spektrum vertreten sind. Dies gilt für das Spektrum im ganzen. Betrachtet man indessen die Linien eines einzelnen Elementes, so findet man, dass die relativen Intensitäten in dem Flash-Spektrum nahe übereinstimmen mit denen desselben Elementes im Sonnenspektrum, be-

[1]) Proceed. Royal Soc. 1901. 68. p. 6—7.

sonders bei Eisen und Titan. Der Mangel an Übereinstimmung der relativen Intensitäten der Linien verschiedener Elemente in den Spektren mit hellen und in denen mit dunklen Linien rührt wahrscheinlich her von den ungleichen Höhen, zu denen die verschiedenen Elemente in der Chromosphäre aufsteigen; ein unten liegendes Gas von grosser Dichte giebt starke Absorptionslinien, aber schwache Ausstrahlungslinien wegen der ungemein kleinen Winkelbreite der strahlenden Fläche. Andererseits geben die weiter verteilten Gase von geringer Dichte starke Emissionslinien in dem Flash-Spektrum und schwache Absorptionslinien.

Die Spektralbogen, die man mit einer prismatischen Camera erhält, sind nicht wirkliche Bilder der sie erzeugenden Schichten, sondern mehr oder weniger durch photographische Irradiation vergrösserte Beugungsbilder. Monochromatische Strahlen aus einer 2″ tiefen Schicht geben Bogen oder »Linien«, welche zu schmal sind, um mit Instrumenten von gewöhnlichem Zerstreuungsvermögen bestimmt werden zu können. Die Intensitäten dieser Bilder repräsentieren nicht die eigentlichen Intensitäten der hellen Linien der verschiedenen Elemente, denn die sichtbare Intensität der Strahlung von einem Elemente hängt ab von der Grösse der Diffusion dieses Elementes über der Photosphäre. Aber in dem Spektrum der dunklen Linien hängen die Intensitäten von der Gesamtmenge eines jeden absorbierenden Gases oberhalb der Photosphäre ab ohne Rücksicht auf den Zustand der Diffusion der verschiedenen Elemente. Das Spektrum der Umkehrschicht scheint nach diesen Ergebnissen den obern, weiter diffundierten Teil einer Gasschicht zu repräsentieren, welche durch ihre Absorption das Fraunhofersche Spektrum giebt.

Im Spektrum der Umkehrschicht sind 15 Elemente sicher erkannt worden, 5 zweifelhaft vorhanden. Die Atomgewichte dieser Elemente übersteigen in keinem Falle 91. Alle bekannten Metalle, die ein Atomgewicht zwischen 20 und 60 haben, scheinen in der untern Chromosphäre anwesend zu sein, aber unter diesen scheint keine Beziehung zwischen den Atomgewichten und den Höhen, zu denen die Gase in der Chromosphäre aufsteigen, zu existieren. Die einzigen gefundenen Nichtmetalle sind H, He, C und vielleicht Si. Von den 225 in dem ultravioletten Abschnitte des Spektrums gemessenen Linien sind 29 nicht zu identifizieren.

Das Wasserstoffspektrum ist durch 28 Linien repräsentiert. Das kontinuierliche Spektrum, welches die Protuberanzen im Ultraviolett geben, beginnend am Ende der Wasserstoffreihe, scheint analog einer von Sir William Huggins in den Absorptionsspektren von Sternen des 1. Typus bemerkten Eigentümlichkeit und rührt möglicherweise von Wasserstoff her.

Aus dem Charakter einiger Heliumlinien scheint sich zu ergeben, dass dieses Element wahrscheinlich in den untersten Schichten fehlt, während Parhelium von Helium getrennt und in einem niedern

Niveau vorzukommen scheint. Ungleich dem Helium giebt der Wasserstoff sehr intensive Linien in der Umkehrschicht. Diese Linien sind scharf und schmal, selbst in den allertiefsten Schichten. Das Fehlen der Wasserstoffabsorption im Ultraviolett und der Heliumabsorption im sichtbaren Spektrum mag herrühren von der unzureichenden Menge dieser Elemente oberhalb der Photosphäre, nicht von der Gleichheit der Temperatur zwischen dem strahlenden Gase und dem Hintergrunde der Photosphäre.

Das Spektrum der Sonnenkorona während der Finsternis am 28. Mai 1900. A. de la Baume-Pluvinel[1]) hat zur Beobachtung desselben drei verschiedene Spektroskope benutzt: 1. ein lichtstarkes Spektroskop mit Spalt, 2. ein grosses Objektivprisma aus Flintglas, 3. ein solches aus Spat und Quarz. Das erste Spektroskop, dessen Spalt radial zum Sonnenäquator eingestellt war, zeigt ein kontinuierliches Spektrum der Korona, das zu beiden Seiten des Sonnenäquators die gleiche Ausdehnung und Intensität darbot; zwei Maxima machten sich im Spektrum bemerklich: im Orange bei λ 565, wo das Spektrum etwa bis 5′ Höhe über den Sonnenrand reichte, und zwischen den Linien F und H, wo es bis 15′ sich erstreckte. Auf dem kontinuierlichen Spektrum erschienen sehr viele helle Linien, die an der Basis am hellsten waren und schnell schwächer wurden; sie gehörten der Chromosphäre an und waren viel zahlreicher und stärker am Westrande der Sonne als am Ostrande. Dieses entspricht einem wirklichen Unterschiede zu beiden Seiten der Sonne und steht im Gegensatze zu der Gleichheit des kontinuierlichen Spektrums an den beiden Seiten. Der Unterschied beruht also nur in den Gasen der Chromosphäre, während die Koronamaterie gleichmässig verteilt war. Die Hauptlinien am Westrande waren: H und K des Calciums, die Wasserstofflinien F, G und h und drei Heliumlinien. Die grüne Koronalinie λ 530.3 erstreckte sich bis 4′ über den Sonnenrand und war in ihrer ganzen Ausdehnung gleich intensiv. Denselben Charakter zeigte die Linie λ 398.5, während die Linie λ 423.1, die man gleichfalls der Korona zuschreibt, sehr schwach war und den Chromosphärenlinien glich. Die andern Linien, von denen 56 gemessen wurden, waren viel schwächer und stimmten mit den hauptsächlichsten Chromosphärenlinien überein. Am Ostrande waren die Calciumlinien fein und niedrig, noch mehr die drei Wasserstofflinien, die Heliumlinien fehlten gänzlich, selbst D_3. Von den Koronalinien war λ 398.5 an der Ostseite ebenso stark wie an der Westseite, hingegen fehlte die grüne Linie vollkommen an der Ostseite, woraus man schliessen könnte, dass nur die Linie λ 398.5 eine Koronalinie ist. Dunkle Linien des Sonnenspektrums erschienen nicht im Spektrum der Korona, ihr Licht hat daher kein merkbares reflektiertes Sonnen-

[1]) Compt. rend. 1900. 132. p. 1259.

licht enthalten. Im Koronaspektrum anderer Finsternisse sind früher indessen dunkle Linien gesehen worden, so dass man vermuten könnte, während der Sonnenfleckenminima enthalte die Korona nur wenig Substanz, die das Sonnenlicht reflektiert.

Mit den beiden andern Spektroskopen wurden je drei Photographien genommen; No. 1 war etwa eine Sekunde lang unmittelbar nach dem zweiten Kontakte exponiert, No. 2 waren während der ganzen Totalität und No. 3 einen Moment unmittelbar nach dem dritten Kontakte exponiert, No. 1 giebt 139 monochromatische Sichel der Chromosphäre im Nordosten der Sonne, unter denen die Strahlen des Calciums, Wasserstoffs und Heliums die stärksten Bilder geben. No. 2 zeigen das vollständige Bild der Chromosphäre, die am Westrande viel lebhafter war wie am Ostrande; man kann auf ihnen die Gestalten und die Intensität der Protuberanzen erkennen und findet die bereits von anderer Seite angegebene Thatsache bestätigt, dass die Intensitäten der Protuberanzen in den vom Calciumdampf herrührenden Bildern verschieden sind von den vom Wasserstoff erzeugten. Die Koronastrahlen waren nicht stark genug, um auf dem hellen, kontinuierlichen Hintergrunde deutliche Bilder der Korona zu geben. Die Photographien No. 3 zeigen das Spektrum eines Teiles der Photosphäre und der Chromosphäre. Man bemerkt ein helles Band, das von dunkeln Sicheln unterbrochen ist, und über den dunkeln Sicheln helle der Chromosphäre, aber nicht als direkte Fortsetzung der dunkeln.

Die Beobachtungen der totalen Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901 dürfen in anbetracht der wenig günstigen atmosphärischen Verhältnisse im allgemeinen als erfolgreich bezeichnet werden, da unter fünfzehn längs der Totalitätslinie besetzten Stationen au dreizehn brauchbare Beobachtungen gemacht sind. Die auf die ungewöhnlich lange Dauer der Totalität basierten, besondern Untersuchungen waren freilich vergeblich. So in erster Reihe die in grossem Massstabe herzustellenden Photographien der Korona durch Prof. Barnard, die spektroskopische Bestimmung der Rotation der Korona durch Newall, Wilterdinck und Baume-Pluvinel und die Messung der Wärmestrahlung der Korona durch Abbot und Julius. Erfolgreicher waren die Photographien der Gegend um die Sonne für die Aufzeichnung der Sterne und zum Aufsuchen eines etwaigen intramerkuriellen Planeten; gute Resultate erhielten Prof. Perrine in Padang und Dyson zu Auer-Gadang. Die polariskopischen Untersuchungen waren zum Teile erfolgreich; Okularbeobachtungen gelangen dem Prof. Julius, und eine Reihe von Photographien wurden von Newall mit der Savartschen Kamera erhalten. Vom Chromosphärenspektrum haben mehrere Beobachter mehr oder weniger erfolgreiche Photographien erhalten. Zu Fort de Kock erzielte Dr. Humphreys gute Spektra der untern Chromosphäre, unter Ver-

wendung eines konkaven Gitters, bei dem das ganze blaue und violette Spektralgebiet zwei Fuss lang war. Newall, unterstützt von Leut. Briggs, erhielt mit einem ebenen Gitterobjektiv eine Reihe von Spektren mit starker Dispersion über einem kleinen Gebiete. Dr. Mitchel erhielt mit einem Gitterspektroskop eine Reihe von Spektren der umgekehrten Schicht (flash). Gute Reihen von Photographien mit prismatischen Kameras erhielten die holländische Expedition in Fort de Kock, de la Baume-Pluvinel, Donitch und Maunder auf Mauritius. Zahlreiche Photographien der Korona und ihrer Umgebung wurden mit verschiedenen Arten von Kameras erhalten, aber es ist unwahrscheinlich, dass irgend eine in Sumatra aufgenommene eine beträchtliche Ausdehnung der Strahlen zeigen wird, und man wird sich diesbezüglich mehr auf die Photographien verlassen müssen, die unter den günstigern Bedingungen zu Mauritius aufgenommen sind. In Sumatra sind Reihen von Bildern in grossem Massstabe mit 40-füssigen Linsen erhalten worden von Prof. Nyland, Perrine und Dr. Humphreys. Prof. Todd hat in Singkep die Korona nicht einmal gesehen wegen der dichten Wolken. Eine Prüfung der Platten ergiebt mehrere helle Bogen, die offenbar auf ausgesprochene Protuberanzen zu beziehen sind, besonders im S. O.-Quadranten. Die Dauer der Totalität scheint beträchtlich von der berechneten Ephemeridenzeit verschieden gewesen zu sein, und zwar ist die beobachtete Zeit in den meisten Fällen kürzer. Die holländischen Astronomen zu Painan melden sie etwa elf Sekunden und Dyson etwa neun Sekunden kürzer, als die Dauer der Berechnung nach sein sollte. Andere Beobachter, z. B. Prof. Burton und die Fort de Kock-Partie, scheinen die Zeit der Totalität länger gefunden zu haben.

Ergebnisse der Crocker Expedition zur Beobachtung der Sonnenfinsternis vom 18. Mai 1901. Die auf Kosten von William G. Crocker ausgerüstete Expedition der Licksternwarte nach Sumatra hat in der Nähe von Padang beobachtet.[1]) Die genäherte Position des Beobachtungsortes ist $6^h\ 41^m\ 20^s$ östl. Länge von Greenwich und $0^0\ 56'$ südl. Breite. Der Zustand des Himmels während der Finsternis war nicht ganz günstig; indessen wurden zahlreiche Photographien erhalten. Die Gestalt der Korona war diejenige, die dem Typus zur Zeit des Fleckenminimums entspricht. Die spektroskopischen und polariskopischen Beobachtungen zeigen, dass das Licht der äussern Korona zum grossen Teile reflektiertes Sonnenlicht ist, während dasjenige der innern Korona hauptsächlich von glühender Materie ausstrahlt. Diese Thatsachen in Verbindung mit dem verschiedenen Aussehen der Korona während der Sonnenfleckenperiode machen es höchst wahrscheinlich, dass die Materie, aus der die Korona besteht, mit grosser Geschwindigkeit von der Sonne ausgeworfen

[1]) Lick, Obs. Bulletin No. 3.

wird, und dadurch auch die Streifen oder Strahlen entstehen. Diese Materie ist jedenfalls sehr fein verteilt und besteht, sobald sie über die Chromosphäre hinaus ist, grösstenteils aus glühenden, festen Körperchen, die in einer gewissen Höhe endlich so weit erkalten, dass das von ihnen reflektierte Sonnenlicht ihr eigenes Licht überstrahlt. Radiale Bewegungen konnten übrigens in der Korona nicht nachgewiesen werden.

Über die Natur der Sonnenkorona verbreitet sich R. W. Wood.[1]) Die am meisten befürwortete Theorie der Korona schreibt deren kontinuierliches Spektrum dem Lichte zu, welches infolge der hohen Temperatur der Sonnenstrahlung entsteht, sowie zu einem kleinen Teile reflektiertem Sonnenlichte, während die von Abbot bei der Sonnenfinsternisbeobachtung zu Wadesboro erhaltenen Resultate, die auf eine kalte Korona hinweisen, den Gedanken an einen der Strahlung des Nordlichtes oder des Lichtes in den Geisslerschen Röhren ähnlichen Ursprung der Korona nahe gelegt haben. Wood kommt auf Grund von Experimenten, die er beschreibt, zu der Ansicht, dass das Fehlen von Wärmestrahlung seitens der Korona durchaus nicht der Hypothese entgegensteht, welche die Korona aus körperlichen Teilchen in der Nähe der Sonne bestehen lässt, und ferner dass die Gegenwart von polarisiertem Lichte im Spektrum, welches gemäss seiner Beobachtung über die Intensität der Savartschen Streifen bei der letzten Sonnenfinsternis des Mai dort in erheblicher Menge vorkommt, einen positiven Beweis für das Vorhandensein solcher materiellen Teilchen bildet.

Die Erhaltung der Energie der Sonnenstrahlung. Prof. J. Wilsing hat hierüber eine Untersuchung angestellt,[2]) aus der das Hauptsächlichste im Nachstehenden mitgeteilt ist.

Die Energiemenge, welche die Sonne durch Strahlung verliert, muss derselben aus andern Energiequellen fortdauernd ersetzt werden. Nimmt man nach Scheiner[3]) für die Solarkonstante, d. h. für die Wärmemenge, welche ein Quadratzentimeter in der mittlern Entfernung der Sonne von der Erde während einer Minute durch Strahlung empfängt, 4.0 g-Kalorien an, so beträgt der Gesamtverlust während eines Jahres 58×10^{31} g Kalorien. Da dieser enorme Wärmeverlust, wie Scheiner nachweist, bereits innerhalb historischer Zeiträume eine beträchtliche Verminderung der Sonnenstrahlung und eine so merkliche Abnahme der mittlern Temperatur an der Erdoberfläche hätte zur Folge haben müssen, dass die Änderung der klimatischen Verhältnisse der Beobachtung nicht entgangen wäre, so lässt sich die Richtigkeit der vorstehenden Behauptung nicht bezweifeln.

[1]) Astrophys. Journ. 1901. 13. No. 1. p. 68.
[2]) Astron. Nachr. No. 3696.
[3]) Strahlung und Temperatur der Sonne. Leipzig 1899.

Von den verschiedenen Theorien, welche den Ersatz des Wärmeverlustes erklären sollen, ist allein die von v. Helmholtz aufgestellte Theorie einer bestimmten mathematischen Fassung fähig. Der Kant-Laplaceschen Weltbildungstheorie folgend, berechnet v. Helmholtz das Wärmeäquivalent der bei der Verdichtung der Himmelskörper aus dem anfänglichen Zustande unendlich geringer Dichtigkeit von den Gravitationskräften geleisteten Arbeit und gelangt dabei zu Zahlenwerten, welche die Höhe der Sonnentemperatur vollkommen erklären. Helmholtz findet für die Temperatur T einer der Sonne gleichen Wassermasse, welche sich von unendlicher Ausdehnung bis zur Grösse der Sonne zusammengezogen hat, die Temperatur T=28611000° C. »Ferner folgt, dass eine Verringerung des Sonnendurchmessers um $^1/_{10000}$ oder 0.2″ eine Temperaturerhöhung von 2861° bewirkt, so dass mit Rücksicht auf die Genauigkeit, mit welcher sich gegenwärtig der Sonnendurchmesser bestimmen lässt, der Wärmeverlust für einen Zeitraum von mehrern tausend Jahren gedeckt werden kann, ehe die Verminderung des Durchmessers merklich wird. Bezüglich der wirklichen Temperatur der Sonne und der Änderungen der Sonnenstrahlung lässt sich aber aus diesen Betrachtungen kein Schluss ziehen.

Zu einer Vorstellung über den Gang der Temperatur und der von der Temperatur abhängigen Strahlung eines Weltkörpers gelangt man, von der v. Helmholtzschen Theorie ausgehend, erst durch Einführung der Zeit und des Wärmeverlustes in der Zeiteinheit. Dann führt die Betrachtung des ersten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie unmittelbar zu einer bemerkenswert einfachen Erklärung der »Konstanz« der Sonnenstrahlung«.

Prof. Wilsing entwickelt nun mathematisch die Beziehungen zwischen Verdichtungsarbeit und Wärmeverlust und kommt für eine bereits weit fortgeschrittene Epoche in der Entwickelung des Sonnenkörpers zu einem Ausdrucke, der sich in folgendem Satze formulieren lässt:

»Der Wärmeverlust, welchen ein Weltkörper durch Strahlung in der Zeiteinheit erleidet, ist äquivalent der in derselben Zeit von den Gravitationskräften bei Verdichtung seiner Masse geleisteten Arbeit.«

»Verfolgt man«, sagt schliesslich Prof. Wilsing, »die Entwickelung eines Sternes vom Zustande äusserster Verdünnung der Materie in Form unregelmässiger Nebelmassen beginnend, so wird bei der Langsamkeit, mit der sich den Beobachtungen zufolge die Bewegung der Massen auch in diesem Zustande vollzieht, die Annahme, deren Zulässigkeit oben zunächst nur für das Endstadium der Entwickelungsreihe behauptet wurde, auch für die übrigen Epochen zutreffen und der Äquivalenz von Strahlung und Arbeit bezogen auf die Zeiteinheit allgemeine Gültigkeit beigelegt werden dürfen.

Temperatur und Strahlung wachsen daher nur sehr langsam proportional der Zunahme der Verdichtungsarbeit. Zunächst geht der Körper in den Typus Io der Vogelschen Entwickelungsreihe über; sein Spektrum zeigt noch helle Linien, welche nach Scheiner auf das Vorhandensein einer ausgedehnten, allerdings nicht mehr wahrnehmbaren Atmosphäre hinweisen. Im Typus I erreicht die Temperatur ihr Maximum und folglich auch die bei der Verdichtung der Materie in der Zeiteinheit geleistete Arbeit. Da hier der Wendepunkt der Kurve liegt, ist diese Phase der Entwickelung von verhältnismässig langer Dauer. Wenn die Entwickelung bis zum Typus II fortgeschritten ist, so hat die Temperatur und Arbeitsgrösse bereits wieder stark abgenommen, und letztere nähert sich noch weiter einem konstanten Werte. In diesem Stadium, in welchem sich die Sonne befindet, werden daher Temperatur und Strahlung sich erst innerhalb sehr langer Zeiträume merklich ändern. Endlich nähert sich der Körper, durch den Typus III hindurchgehend, asymptotisch dem Zustande grösster Dichtigkeit der Materie und seine Temperatur derjenigen des Weltraumes.«

Eine vorläufige Bestimmung der Eigenbewegung der Sonne mit Hilfe spektrographischer Sternaufnahmen hat W. W. Campbell ausgeführt.[1]) Seit 1896 sind mit dem Millspektrographen der Licksternwarte am dortigen 36-zolligen Refraktor mehr als 2000 Spektralaufnahmen von Fixsternen erhalten worden, darunter über 1500 von 325 Sternen zwischen dem Nordpole des Himmels und — 30° Deklination. Von diesen sind bei 280 Sternen die Bewegungen in der Gesichtslinie zur Erde mit einer Genauigkeit bis auf 1 *km* ermittelt, und dieses Material hat Prof. Campbell benutzt, um im Vereine mit W. H. Wright daraus einen Wert für die Richtung und Geschwindigkeit der kosmischen Bewegung der Sonne abzuleiten. Die 280 Sterne wurden in 80 Gruppen geteilt, durch Zusammenfassung benachbarter Sterne, und rechnerisch daraus abgeleitet:

Geschwindigkeit der Sonne $= 19.89$ *km* $\pm$ 1.52 *km* pro Sekunde.
Apex der Sonnenbewegung: $\alpha = 277^\circ 30' \pm 4.8^\circ$; $\delta = + 19^\circ 58' \pm 5.9^\circ$.

Mit diesen Werten wurde die individuelle Bewegung jedes der 280 Sterne mit Bezug auf die Bewegung des Systems berechnet und also die wirkliche Sonderbewegung jedes derselben ermittelt. Es fanden sich 151 Sterne mit einer mittlern Bewegung von + 17.01 und 129 mit einer solchen von — 17.10 im Mittel pro Sekunde. Der numerische Mittelwert aller 280 Bewegungen ist 17.05 *km* in der Richtung der Gesichtslinie; die Bewegung senkrecht dazu ist daher $\frac{1}{2}\pi$ mal grösser oder beträgt 26.78 *km* pro Sekunde, die Sternbewegung im Raume würde sonach für jedes System im Durch-

[1]) Astrophys. Journal 1901. **13.** p. 80.

schnitte $2 \times 17.05 = 34.1$ *km* pro Sekunde betragen. Da die relative Bewegung der Sonne 19.9 *km* beträgt, so ist diese demnach erheblich geringer als die Durchschnittsbewegung der in Rechnung gezogenen 280 Sterne.

Diese letztern wurden nun nach ihrer Intensität geordnet mit Rücksicht auf die scheinbare und die photographische Helligkeit. Bei den weissen Sternen ist diese ziemlich gleich, bei Sternen vom Sonnentypus sind beide Helligkeiten 1.5 bis 2 Grössenklassen verschieden, und für rote Sterne beträgt der Unterschied etwa 2.5 Grössenklassen. Die weissen Sterne ergaben folgendes als Durchschnittswert:

78 Sterne eine Komponente von	+ 17.07 *km*
66 „ „ „ „	— 14.99 „
144 Sterne mit dem numerischen Mittel:	16.12 *km*

Für 136 Sterne, deren Helligkeitsunterschiede (Okularschätzung und photographische Helligkeit) geringer als 1.0 Grössenklasse sind, fand sich als Mittel der Bewegungsgeschwindigkeiten 18.04 *km*. Wird die Helligkeit (Sterngrösse) der Sterne als Einteilungsprinzip zum Grunde gelegt, so ergiebt sich folgendes bezüglich der 280 Sterne:

Anzahl	Helligkeit	Geschwindigkeit im Raume
47 Sterne	1. bis 3.0 Grösse	26.10 *km*
112 „	3.1 „ 4.0 „	32.30 „
121 „	4.1 Gr. u. schwächer	38.88 „

Mit abnehmender Helligkeit zeigt sich also eine so deutliche Zunahme der Geschwindigkeit, dass man gezwungen ist, anzunehmen, die schwachen Sterne des Systems laufen erheblich rascher als die hellen. Dieses Ergebnis ist frei von jeder Hypothese über die Entfernung der Sterne und ist von fundamentaler Wichtigkeit für die Frage nach dem Baue des Sternsystems. Wenn sich die schwachen Sterne relativ rascher bewegen, als man bis jetzt annahm, so müssen sie relativ weiter von uns entfernt sein, als man nach ihren scheinbaren Eigenbewegungen annahm. Auch ist zu betonen, dass die Zunahme der Geschwindigkeit bei den lichtschwächern Sternen keineswegs auf einer etwaigen grössern Ungenauigkeit der Messungen beruht. Die Rektaszension des Apex der Sonnenbewegung, welche Campbell gefunden, stimmt sehr gut mit dem von Newcomb und Kapteyn ermittelten Werte überein, die Deklination desselben ist aber wesentlich geringer, vielleicht weil die zur Verfügung stehenden Sterne in Bezug auf Deklination nicht so symmetrisch über die Himmelskugel verteilt sind, indem der südliche Himmel von -30^0 Deklination ab gar nicht vertreten ist.

Der Apex der Sonnenbewegung. Prof J. C. Kapteyn hat eine grössere Untersuchung über den Apex der Sonnenbewegung, die Konstante der Präzession und die Korrektionen der Eigenbewegungen in Deklination von Auwers-Bradley ausgeführt und die Ergebnisse der-

selben veröffentlicht.[1]) Die Hauptaufgabe dieser Arbeit ist die Bestimmung des Apex der Sonnenbewegung. Kapteyn kommt dabei zunächst zu dem Ergebnisse, dass die von Airy und Argelander gegebene Berechnungsmethode des Apex nicht, wie man gewöhnlich annimmt, auf die Hypothese gegründet sei, dass die den Sternen eigentümlichen Bewegungen keine besondere Richtung bevorzuge, ferner dass das Ausschliessen der Sterne mit kleiner Eigenbewegung nicht unbedenklich ist, und dass endlich die Art, wie die Sammlungen von grössern Eigenbewegungen von Porter, Stumpe, Bossert etc. zustandegekommen sind, beträchtliche systematische Fehler in der daraus gezogenen Position des Apex befürchten lässt.

Er zeigt, dass z. B. in der Porterschen Sammlung von 1340 Eigenbewegungen die Ungleichheit in den Grenzen der noch berücksichtigten Eigenbewegungen eine viel zu nördliche Position des Apex ergeben muss, und dass eine ähnliche Fehlerquelle auch für andere Sammlungen bestehen muss, endlich dass überhaupt in den Listen von Porter, Stumpe und Boss die südlich gerichteten Bewegungen bevorzugt sind. Die notwendige Folge davon muss eine zu nördliche Deklination des Apex sein.

»Damit erklärt sich der Umstand, dass Porter[2]) und Stumpe[3]) beide für die am schwächsten bewegten Sterne den nördlichsten Apex fanden. Dass auch Boss' Sterne dieses Resultat ergeben müssen, geht daraus hervor, dass der Ausschluss der stärkst bewegten Sterne den Apex nach Norden verlegt.[4])

Es ergiebt sich, dass die hier besprochene Eigentümlichkeit der Listen grösserer Eigenbewegungen eine fast unvermeidliche ist, wenigstens wenn man bestrebt ist, sie so vollständig wie möglich zu machen. Es kann also daraus den Verfassern dieser Listen auf keinerlei Weise ein Vorwurf gemacht werden. Will man aber diese Listen für eine Bestimmung des Apex verwenden, so wird man die schwächern Eigenbewegungen ausschliessen müssen.« Dies ist die Ursache, warum Prof. Kapteyn von den Porterschen Sternen nur die mit einer Totalbewegung von über 0.30″ benutzt hat.

»Fügt man noch hinzu, dass gerade bei denjenigen Bestimmungen (wie die von L. Struve), gegen welche theoretisch am wenigsten einzuwenden wäre, weil nicht nach Eigenbewegung gruppiert wurde und mit den mittlern Eigenbewegungen benachbarter Sterne operiert ist, die Koordinaten des Apex am stärksten von den Fehlern der Bradleyschen Deklinationen beeinflusst werden, so wird man zugeben, dass darin leicht die Ursache der Anomalien liegen kann, auf welche auch schon von andern, besonders von Kobold, die Aufmerksamkeit gelenkt wurde.«

[1]) Astron. Nachr. No. 3721.
[2]) Astrophys. Journ. 12. p. 93.
[3]) Astron. Nachr. No. 3000.
[4]) Astrophys. Journ. 9. p. 164.

Das Material, auf welches Prof. Kapteyn seine Arbeit begründet, ist folgendes:

1. Die Bradleyschen Sterne mit einer Anzahl von Ausnahmen, deren Begründung Prof. Kapteyn giebt; im ganzen wurden benutzt 2640 Sterne.

2. Die Porterschen Eigenbewegungssterne,[1] deren Eigenbewegung 0.30″ oder darüber ist. Davon wurden noch ausgeschlossen die Sterne innerhalb 30° vom genäherten Apex (276° + 34°) und Antiapex. Im ganzen blieben übrig 699 Sterne.

Prof. Kapteyn geht auch näher auf die von ihm benutzten Rechnungsmethoden ein, worüber auf das Original verwiesen werden muss, und findet zuletzt als definitive Position des Apex der Sonnenbewegung (für 1875.0)

$$\alpha = 273.6^{\circ} \pm 1.3^{\circ} \qquad \delta = +29.5^{\circ} \pm 1.1^{\circ}.$$

Mit diesem Ergebnis stimmt das Resultat:

$$\alpha = 277.5^{\circ} \pm 4.8^{\circ} \qquad \delta = +20.0^{\circ} \pm 5.9^{\circ}$$

das Campbell kürzlich[2] au sden Sternbewegungen in der Gesichtslinie abgeleitet hat, innerhalb der durch die w. F. bedingten Grenzen in befriedigender Weise überein.

Die Planeten.

Planetoidenentdeckungen im Jahre 1900. Nach der Zusammenstellung von Paul Lehmann[3] hat sich die Gruppe der kleinen Planeten, von welchen bis Mitte Februar 1901 die Bahnen berechnet worden sind, seit dem letzten Berichte um die folgenden vermehrt:

(452)	FD	entdeckt	1899	Dez.	6	von	Keeler, Mt. Hamilton
(453)	FA	„	1900	Febr.	22	„	Charlois, Nizza
(454)	FC	„	„	März	28	„	Schwassmann, Heidelberg
(455)	FG	„	„	Mai	22	„	
(456)	FH	„	„	Juni	4	„	Wolf und Schwasmann } Heidelberg
(457)	FJ	„	„	Sept.	15	„	
(458)	FK	„	„	Sept.	21	„	
(459)	FM	„	„	Okt.	22	„	
(460)	FN	„	„	Okt.	22	„	
(461)	FP	„	„	Okt.	22	„	Wolf, Heidelberg
(462)	FQ	„	„	Okt.	22	„	
(463)	FS	„	„	Okt.	31	„	

Die Nummern (445)—(451) sind folgendermassen auf die noch nicht numerierten Planeten verteilt worden: (445)=EX, (446)=ER, (447)=ES, (448)=ET. (449)=EU, (450)=EV, (451)=EY; ausserdem haben Planet (444) den Namen Gyptis und (445) den Namen Edna erhalten.

---

[1] Publ. No. 12 of the Cincinnati Obs.

[2] Astrophys. Journal 1901. **13.** p. 80—89 vgl. oben p. 19.

[3] Vierteljahrsschrift der Astron. Gesellschaft 1901. **36.** 1. Heft. p. 56.

Die Hauptelemente, welche für die Bahnen der neuen Planeten berechnet wurden, lauten:

	Ω	ι	φ	a	Berechner
(452)	92° 44.6′	3° 13.3′	1° 13.4′	2.85	Palmer
(453)	11 29.4	5 34.2	6 21.5	2.18	Charlois
(454)	32 34.1	6 19.1	6 25.0	2.63	E. Becker.
(455)	77 42.1	11 47.3	17 56.8	2.70	Berberich
(456)	229 27.0	14 21.7	10 18.4	2.79	Berberich
(457)	250 38.0	12 52.5	10 20.0	3.09	Paetsch
(458)	135 55.6	12 36.6	14 11.5	3.00	Riem
(459)	29 41.7	10 22.7	12 19.8	2.63	Bauschinger
(460)	205 36.2	4 35.5	5 53.8	2.72	Bauschinger
(461)	156 33.6	1 22.4	11 54.4	3.18	Bauschinger
(462)	105 44.2	3 10.5	4 53.5	2.87	Berberich
(463)	36 26.1	13 29.9	12 42.9	2.39	Berberich

Es zeichnen sich hiernach aus

1. durch zeitweise grosse Annäherung an die Erde

(453)	mit $\Delta = 0.77$	zur Oppositionszeit	Mai 11
(455)	„ $\Delta = 0.68$	„ „	Sept. 7
(463)	„ $\Delta = 0.88$	„ „	Sept. 26

2. durch zeitweise grosse Annäherung an Jupiter

(455)	mit $\Delta_0 = 2.14$
(457)	„ $\Delta_0 = 1.95$
(458)	„ $\Delta_0 = 2.00$
(461)	„ $\Delta_0 = 1.59$,

wo Δ_0 die kleinste Entfernung vom Jupiter, welche der Planet in seinem Aphel erreichen kann, bedeutet;

2. durch grosse Deklinationen, welche sie in ihrer Opposition erreichen können, die Planeten:

(459) mit $\delta =$	$+ 40.4°$	(Anfang Januar)
	$- 38.0$	(Anfang Juli)
(463) mit $\delta =$	$+ 43.7$	(Anfang Januar)
	$- 45.5$	(Anfang Juli).

Ähnlichkeiten der Bahnelemente zeigen sich bei folgenden Planeten:

	Ω	ι	φ	a
(454)	Ω = 32.6°	ι = 6.3°	φ = 6.4°	a = 2.631
(127)	31.8	8.3	3.8	2.755
(210)	33.1	5.3	7.1	2.722
(456)	Ω = 229.5	ι = 14.4	φ = 10.8	a = 2.786
(1898 DW)	229.2	14.7	?	2.611
(397)	228.6	12.7	14.4	2.634
(448)	Ω = 135.9	ι = 12.6	φ = 14.2	a = 2.996
(129)	137.8	12.2	12.3	2.868

Es erscheint ausgeschlossen, dass die Planeten (456) und (1898 DW), von welchen der letztere seiner Zeit so unzureichend beobachtet war, dass für denselben nur eine Kreisbahn berechnet werden konnte, sich noch als identisch erweisen werden. Dagegen hat sich für den neu entdeckten Planeten (462) die Identität mit dem bei seiner ersten Entdeckung ebenfalls nur unzulänglich be-

obachteten Planeten (1896 DD) herausgestellt, und es ist sogar wahrscheinlich, dass ihm auch die vereinzelte Beobachtung eines Planeten vom Jahre 1892 angehört.

Von den im letzten Berichte angeführten neuen Planeten, sowie von dem ältern (434), deren zweite Erscheinung noch bevorstand, sind die Planeten (434), (439), (440), (442), (444), (445), (446), (447) und (451) wieder gefunden; von dem Planeten (449) wird die zweite Erscheinung noch erwartet. Von ältern Planeten, die erst in einer Erscheinung beobachtet waren, wurden (328) in der achten, (382) und (388) in der sechsten und (425) in der vierten Erscheinung wiedergefunden, so dass die Zahl der bisher nur in einer Erscheinung beobachteten Planeten, mit Einschluss der neu entdeckten, sich auf 74 beläuft.

Die Rotation des Planeten Eros. Dieser durch seine Bahn und grosse Annäherung an die Erde merkwürdige kleine Planet hat noch eine weitere höchst auffallende Eigentümlichkeit gezeigt, nämlich einen starken periodischen Lichtwechsel. Es ist sehr merkwürdig, dass dieser Lichtwechsel nicht schon früher während des vergangenen Winters bemerkt wurde, da der Planet doch auf vielen Sternwarten behufs genauer Ortsbestimmung beobachtet worden ist. Die von H. Struve in Königsberg vermuteten Helligkeitsschwankungen [1]) waren von Valentiner in Heidelberg zunächst nicht bestätigt worden. Erst ein Telegramm von Prof. Deichmüller in Bonn [2]) und die von ihm mitgeteilten genauen Helligkeitsbeobachtungen [3]) erwiesen den Lichtwechsel als thatsächlich vorhanden und stellten die Dauer der Periode auf nur $2^h\ 36^m$ fest. Damit ist durch Prof. Deichmüller zum erstenmal der sichere Nachweis der Rotationsdauer eines kleinen Planeten erbracht und die Astronomie um eine ebenso überraschende als wichtige Thatsache bereichert worden. Vermutungen über die Rotation von Planetoiden sind schon früher aufgestellt worden, und auch neuerdings haben photometrische Bestimmungen von Prof. Wolf an den Planetoiden Sirona (164) und Tercidina (345) auf Helligkeitsschwankungen innerhalb 90 und 114.5 Minuten Dauer geführt, der sichere Nachweis einer Rotation ist jedoch bis jetzt nur bei Eros gelungen.

Dr. Egon v. Oppolzer überreichte der Kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien [4]) folgende Mitteilung »über Helligkeitsschwankungen des Eros«:

»Seit 20. Dezember 1900 verfolge ich die Helligkeit des schon durch seine Bahnelemente merkwürdigen Planetoiden Eros mittels eines Zöllnerschen Photometers am 8-zölligen Grubbschen Re-

[1]) Astron. Nachr. No. 3688.
[2]) a. a. O. No. 3688.
[3]) a. a. O. No. 3693.
[4]) Sitzung der mathem.-naturwiss. Klasse vom 21. Februar 1901. Akadem. Anzeiger No. VI.

fraktor des königl. astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam. Helligkeitsschwankungen von Abend zu Abend, auch solche an einem Abende, während gleichhelle Vergleichssterne hiervon nichts zeigten, ein paralleler Gang zwischen gleichzeitig gemachten Stufenschätzungen und davon unabhängigen photometrischen Messungen schienen genug verdächtige Umstände zu sein, um die Lichtveränderungen als reell anzusehen. Zur Gewissheit brachte mich eine Beobachtung am 8. Februar l. J., die eine Lichtveränderung von etwa 1.5 Grössenklassen gegen einen unmittelbar benachbarten Stern innerhalb einer Stunde ergab. Zum grossen Teile ist dieselbe der veränderten Luftbeschaffenheit zuzuschreiben, aber unmöglich ganz, weil ein mit Eros anfänglich nahe gleich heller, schwacher Stern seine Helligkeit gegen die andern Sterne nicht merklich geändert hat, Eros hingegen heller als der im Gesichtsfelde stehende, verhältnismässig helle Stern wurde. Dies veranlasste mich, die Helligkeitsschwankung öffentlich durch die Zentrale in Kiel bekanntgeben zu lassen. Die eingelaufenen Beobachtungen bestätigen die innerhalb weniger Stunden vor sich gehende Schwankung, und durch den parallelen Gang der Lichtkurve in Pola und Heidelberg ist die Realität der Erscheinung für jedermann über allen Zweifel erhaben. An diese Entdeckung knüpfen sich folgende Betrachtungen:

1. Da die Helligkeitsschwankungen über 0.5 Grössenklassen betragen, dieselben also einer solchen von 60 % äquivalent sind, so ist es ausgeschlossen, dass dieselben auf verschiedenes diffuses Reflexionsvermögen einer kugelförmigen Oberfläche zurückzuführen sind. Dieselben können nur darin ihren Grund haben, dass der Körper des Planetoiden abnorm von einer Kugelfläche abweicht. Solche Abweichungen erzeugen auch im Momente der Opposition Lichtschwankungen, die dann mit zunehmendem Phasenwinkel infolge eintretender Schattenwürfe beträchtlich anwachsen werden. Letztere bilden die stärkste Quelle starker Lichtveränderungen.

2. Die Rotationszeit dürfte Bruchteile des Tages betragen, und man darf nicht vergessen, dass bei abnormen Oberflächen die Helligkeitskurve mehrere Maxima und Minima aufweisen kann, so dass die Wiederkehr derselben Helligkeit keinen Wert für die Rotationsdauer liefern wird. Ich vermute, dass die Helligkeitskurve dem Algolschen Typus entsprechend verläuft. Die verhältnismässig rasche Rotation und geringe Masse des Planetoiden ruft starke Abhängigkeit der Schwere von dem Orte auf der Oberfläche hervor, und dieser Umstand hängt innig mit der abnormen Form des Körpers zusammen."

Die Lichtschwankungen des Eros sind übrigens nicht von Dauer gewesen. Prof. Deichmüller bemerkt hierüber unter dem 17. Mai:[1])

[1]) Astron. Nachr. No. 3716.

»Seit den beiden mitgeteilten fünfstündigen Beobachtungsreihen gelangen, bei der vorherrschend trüben Witterung, noch an zwölf Abenden längere Reihen von Grössenbestimmungen des Eros, die aber auch, bei dem bald niedrigen Stande des Planeten in der Nähe des mit Fabrikrauch und Dunst erfüllten westlichen Horizonts oder wegen begrenzender Gebäude, vorzeitig abgebrochen werden mussten. Eine mehr als vierstündige Reihe vom 24. März zeigt noch keine stärkere Abnahme im Umfange des Lichtwechsels, während schon vorher kürzere Reihen vom 14. und 21. März und alle spätern flachere Maxima und Minima aufweisen. In den seit dem 22. April erhaltenen fünf kürzern Reihen betragen die beobachteten Lichtänderungen nur fünf Stufen und weniger; doch habe ich am 13. Mai um $10^h\ 31^m$ M. Z. Bonn noch ein gut hervortretendes Minimum und am 14. Mai von $9^h\ 12^m$ bis $10^h\ 33^m$, wo der Planet im Dunste verschwand, ein Anschwellen des Lichtes im Betrage von $3^1/_2$ Stufen beobachten können.« Prof. Pickering teilt mit, dass nach den Beobachtungen zu Cambridge durch Prof. O. Wendell die Lichtschwankung des Eros März 12. 1.13 Grössenklasse betrug, April 12. war sie nur mehr 0.4 und Mai 6. und 7. anscheinend geringer als 0.1 Grössenklasse.

Gestalt und Helligkeitsschwankungen kleiner Planeten.

Gewisse Unregelmässigkeiten der Sternspur auf der photographischen Platte haben Prof. Wolf bezüglich des Planeten Tercidina (345) zu der Vermutung geführt, dieselben könnten reell sein. Indessen haben Aufnahmen dieses Planeten am grossen Potsdamer Refraktor durch J. Hartmann ergeben,[1] dass die von Prof. Wolf bemerkten Unregelmässigkeiten der Sternspur auf der photographischen Platte subjektiven Ursprunges sind, d. h. durch die Art und Weise der Aufnahme entstehen, nicht aber auf Helligkeitsschwankungen des Planeten zurückzuführen sind. Solche sind indessen im allgemeinen als möglich zuzugeben, und Hartmann macht noch auf einen besonderen, wenig beachteten Punkt aufmerksam.

Er sagt: »Nach Analogie der grossen Körper unseres Sonnensystems, die durch direkte Beobachtung im Fernrohre als genähert kugelförmig erkannt wurden, hat man sich daran gewöhnt, sich auch alle andern Himmelskörper, die uns wegen ihres geringen Durchmessers oder wegen ihrer grossen Entfernung nur punktförmig erscheinen, als Kugeln oder Rotationsellipsoide vorzustellen. Diese Annahme ist jedoch nur unter gewissen Einschränkungen richtig. Auf Körpern von den Dimensionen der kleinen Planeten ist die Schwerkraft so gering, dass die Abweichungen ihrer Oberfläche von einer Gleichgewichtsfigur sehr gross sein können. Nimmt man für Tercidina die Oppositionshelligkeit 11.2^m und die Albedo des Mars an, so ergiebt sich ihr Durchmesser zu 66 *km*. Wenn der Planet aus einer unserer Gesteinsarten (spez. Gew. 2.7) besteht, so wird die Schwere an seiner Oberfläche nur den vierhundertsten Teil von dem Werte an der Erdoberfläche betragen, und hierdurch wird offenbar die Existenz von

[1] Astron. Nachr. No. 3726.

grossen Niveauunterschieden auf dem Planeten sehr begünstigt. Hierzu kommt nun noch, dass, falls der Planet eine Axendrehung besitzt, ein grosser Teil der Schwerkraft durch die Zentrifugalkraft aufgehoben wird. Bei den kurzen Rotationszeiten, die sowohl für Tercidina, als auch für den Planeten Eros abgeleitet worden sind, kommen die Körper schon sehr nahe an jenen kritischen Punkt heran, in welchem die Zentrifugalkraft die Schwerkraft überwiegt, so dass die Entstehung einer Gleichgewichtsfigur mathematisch unmöglich wird. Nach einem von Poincaré[1]) aufgestellten Satze würde ein Planet von der Dichte unserer Felsarten nur dann lose auf seiner Oberfläche liegende Teile festhalten können, wenn seine Rotationszeit grösser als 1 h 39 m ist; ist er nur von der Dichte des Wassers, so muss die Umdrehungszeit mehr als 2 h 42 m betragen. Soll jedoch die Gleichgewichtsfigur der Oberfläche des Planeten ein Rotationsellipsoid werden, so muss seine Umdrehungszeit noch erheblich grösser sein.

Hat der Planet die Dichte 2.7, so ist die Form eines Rotationsellipsoides nur möglich, wenn seine Rotationszeit mehr als 3 h 29 m beträgt; bei der Dichte 1.0 muss sie grösser als 5 h 43 m sein. Man sieht, dass die von Prof. Wolf für Tercidina abgeleitete Rotationszeit von 3 h 50 m schon ganz an der Grenze des theoretisch Zulässigen liegen würde.

Die hier erwähnten Sätze gelten, streng genommen, nur, wenn die Masse des Planeten aus einer homogenen Flüssigkeit besteht, auf welche ausser Gravitation und Zentrifugalkraft keine andern Kräfte einwirken. Letztere Bedingung ist nun in der Natur niemals erfüllt, da ausser jenen beiden Kräften (ganz abgesehen von den äussern) stets noch eine Reihe anderer thätig ist, die man als Molekularkräfte bezeichnen kann. Hierher gehören zunächst die Kohäsion, sodann die Neigung, bei bestimmten Temperaturen in andere Aggregatzustände überzugehen, Krystalle und chemische Verbindungen zu bilden, endlich die Spannungen, die durch Dampfdruck, sowie durch thermische Ausdehnung veranlasst werden. Alle diese Kräfte sind unabhängig von der Gesamtmasse des Planeten, und da sie selbst auf der Oberfläche der Erde Gebirge von mehrern Kilometern Höhe aufzutürmen vermochten, so werden sie bei den kleinen Planeten dermassen bestimmend für die Oberflächengestaltung sein, dass ihnen gegenüber die Schwerkraft, welche grössere Massen stets in die Form von Sphäroiden zwingt, so gut wie garnicht in Betracht kommt. Auch wenn die Planetoiden nur die Trümmer eines schon erstarrten grössern Körpers sind, können diese Bruchstücke gänzlich unregelmässige Formen besitzen, da die geringe Schwerkraft nicht im stande ist, die Kohäsion der Masse zu überwinden und ihrer Oberfläche eine neue Gleichgewichtsfigur zu geben.

Nach dem Gesagten erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass einige der kleinen Planeten, und zwar vorwiegend die kleinsten derselben, Helligkeitsschwankungen zeigen können, die auf die Rotation unregelmässig gestalteter Körper zurückzuführen sind. Ob allerdings photographische Aufnahmen das geeignete Hilfsmittel zur Untersuchung derartiger Helligkeitsänderungen sein werden, das ist sehr zu bezweifeln, da, wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, durch ungenaues Halten des Fernrohres beträchtliche Fehler in der Intensität der Planetenspur entstehen können. Eine sichere Auskunft über den Verlauf der Lichtschwankungen wird daher wohl nur durch direkte photometrische Beobachtung zu erlangen sein«.

Beobachtungen des Planeten Merkur hat J. Comas Sola auf seinem Privatobservatorium zn Barcelona angestellt, und zwar in den Monaten Juni und Juli 1900 als der Planet in möglichst günstiger Entfernung von der Sonne stand.[2]) Er kommt zu dem

[1]) Bull. Astron. 1885. 2. p. 117.
[2]) Bull. Soc. Astron. de France 1900. p. 536.

Ergebnisse, dass die geeignetste Gelegenheit, um diesen Planeten zu beobachten, die Zeit kurz nach dem Untergange der Sonne sei. Am hellen Tage stehe der Planet allerdings höher über dem Horizonte, und die Bilder desselben im Fernrohre seien ruhiger, dagegen erscheine die Sichel des Planeten auf dem hellen Hintergrunde des Himmels so lichtschwach, dass die feinen Details derselben unsichtbar bleiben, und selbst die deutlichsten Flecke unklar erscheinen. Übrigens ist es nach Comas Sola auch erforderlich, starke Vergrösserungen beim Merkur anzuwenden. Er behauptet ferner, dass dieser Planet dunkle und helle Flecke zeige, die vielleicht leichter zu sehen seien, als die Flecke des Mars. Abgesehen von der Sichelgestalt sei der teleskopische Anblick des Merkur demjenigen des Mars überhaupt sehr ähnlich, indem die Färbungen der Flecke bei beiden Planeten ähnlich seien; die dunklen bläulichgrau, die helle Region orangefarben (zum Teil vielleicht als Wirkung der Erdatmosphäre) und die Polarregion oder die Sichelspitze hellweiss. Die nördliche Polarkalotte des Merkur erschien dem Beobachter in Barcelona ebenso hell leuchtend wie die des Mars und auch gleich dieser von einem dunklen Rande umgeben. Die Schwierigkeit, Merkurflecke zu sehen, rührt nach Comas Sola ganz allein von der Kleinheit der Merkurscheibe her und den ungünstigen Umständen, unter denen man sie immer beobachten muss. Diese Verhältnisse haben auch zur Folge, dass alle Zeichnungen, welche man von dem Planeten entwirft, eine zu geringe Genauigkeit haben, als dass man daraus mit voller Bestimmtheit etwas über die Rotationsdauer desselben schliessen könnte. Nichtsdestoweniger glaubt Comas Sola, dass seine Zeichnungen zu gunsten einer kurzen Rotationsdauer des Merkur sprechen, vergleichbar derjenigen der Erde. Er will sich zwar nicht mit Bestimmtheit über diesen Punkt auslassen, aber der Eindruck, den er aus seinen Beobachtungen erhalten habe, gehe dahin. Am meisten für eine kurze Rotationsdauer sprechen die Beobachtungen am 2. Juli. Der Durchmesser der Sichel, als welche Merkur sich darstellt, betrug damals 7.8″ und Comas Sola wandte die ungewöhnlich starke Vergrösserung von 500fach an. Um $6^h\ 50^m$ zeichnete er einige matte Flecke hauptsächlich im nördlichen Teile der Sichel. Dieselben erstreckten sich als unbestimmt begrenzte dunkle Konturen von der Lichtgrenze gegen das Innere hin und umschlossen die hellweisse Nordspitze des Planeten. Um $7^h\ 35^m$ erschienen die Flecke gegen West verschoben; um 8^h war das Bild des Planeten nicht mehr so fein, aber eine Zeichnung bestätigte den Eindruck, dass der Planet während der verflossenen zwei Stunden sich merklich gedreht habe.

Bekanntlich ist Prof. Schiaparelli zu dem Ergebnisse gekommen, dass der Planet Merkur keine rasche Rotation besitzt, sondern der Sonne stets die nämliche Seite zuwendet.

Der Durchmesser des Merkur ist von Dr. J. J. See am 26-Zoller zu Washington im Sommer 1900 und 1901 unter sehr günstigen Umständen mit dem Fadenmikrometer gemessen worden.[1]) Er findet denselben im Mittel = 5.8993″ ± 0.0080″ entsprechend einer linearen Grösse von 4277.6 ± 5.8 *km.*

Dieser Wert ist erheblich kleiner, als die Heliometermessungen ergeben haben (Bessel: 6.68″, Hartwig: 6.98″, Schur: 6.62″, Ambronn: 6.58″), dagegen in besserer Übereinstimmung mit den Fadenmikrometermessungen von Barnard (1891: 6.04″, 1894: 6.21″) und Campbell (1894: 5.726″). See sieht die Ursache davon in gewissen Unvollkommenheiten der Bilder im Heliometer und zieht die Ergebnisse der Fadenmikrometermessungen vor.

Flecke von gesicherter Wahrnehmbarkeit zeigten sich auf der Scheibe des Merkur während der Messungen von See nicht.

Der Durchmesser der Venus. Dr. J. J. See hat in den Monaten April bis August 1900 Messungen des Venusdurchmessers am 26-zolligen Refraktor zu Washington ausgeführt.[2]) Der blauviolette Saum um den Planeten wurde durch Vorsetzen eines durchsichtigen, farbigen Schirmes zum Verschwinden gebracht und Vergrösserungen von meist 400- bis 600-fach angewendet. Wenn die Luft ruhig war, zeigte sich der Rand der Venusscheibe so scharf wie der Mondrand dem blossen Auge. Im Mittel aus 32 Messungsreihen ergab sich der scheinbare Durchmesser der Venus zu 16.800″ ± 0.022″. Dies stimmt sehr gut mit dem von Auwers gefundenen Werte überein und giebt unter Annahme der Sonnenparallaxe zu 8.796″ einen wahren Durchmesser der Venus von 12181.7 *km* ± 16 *km.* Hiernach ist also Venus im Durchmesser um etwas weniger als $^1/_{20}$ kleiner als die Erde.

Der Durchmesser des Mars ist im Juni 1701 an 6 Tagen von J. J. See am 26-zolligen Refraktor zu Washington gemessen worden.[3]) Die Luftverhältnisse waren durchweg sehr günstig, doch betrachtet der Beobachter den erhaltenen Wert nur als provisorisch, da die Scheibe des Planeten infolge der grossen Entfernung desselben von der Erde ziemlich klein war. Er findet als wahrscheinlichsten mittlern Äquatorialdurchmesser des Mars: 9.30″ = 6743 *km*, mit einer Unsicherheit die wahrscheinlich ± 0.03″ oder 22 *km* nicht übersteigt. See macht darauf aufmerksam, dass die besten Bestimmungen des Marsdurchmessers mit dem Fadenmikrometer im Mittel auf einen Wert von 9.68″ führen, während die Heliometermessungen völlig auf den Besselschen Wert von 9.33″ führen. Den grössten Wert den die Fadenmikrometerbeobachtungen bei Mars (sowie bei Jupiter, Saturn und Merkur) ergaben, ist eine Folge der Irradiation.

[1]) Astron. Nachr. No. 3737.
[2]) Astron. Nachr. No. 3676.
[3]) Astron. Nachr. No. 3750.

Beobachtungen des Mars 1900—1901 zu Juvisy. Auf dem Privatobservatorium zu Juvisy haben C. Flammarion u. J. Antoniadi den Planeten Mars vom 12. Oktober 1900 bis zum 10. Juli 1901 mit Ausdauer beobachtet. Auf ihre diesmaligen Wahrnehmungen haben sie eine neue Marskarte und in Merkatorprojektion begründet. Von Interesse sind die Erfahrungen, welche die beiden Beobachter über den Einfluss verschiedener Luftzustände auf die Güte der Bilder im Fernrohre machten. Bezeichnet man das ideal beste Bild, welches der Planet in dem benutzten Fernrohre darbieten könnte, mit 10, das schlechteste mit 0, so zeigte sich der Planet am besten (8.5) bei ruhiger nebeliger Luft, etwas weniger gut (8.0) bei ruhiger Luft und cirrösem Himmel, schlecht (3.1—2.0) bei östlichen und südöstlichen Winden und am schlechtesten bei stürmischem Wetter aus Süd. Der Wind schadet also der Schärfe und Deutlichkeit der teleskopischen Bilder in hohem Grade.

Der Planet Mars wandte seinen Nordpol der Erde zu, und die Beobachter in Juvisy haben die Abnahme der nördlichen Schneekalotte, die bis zum Schlusse ihrer Beobachtungen ununterbrochen fortdauerte, möglichst genau festgestellt. Hiernach umfasste diese Eiszone Mitte Oktober 1900 einen Bogen der Marsoberfläche von 65—70°; Mitte Januar von 43°, Mitte Februar von 38°, Mitte März von 24°, Mitte April von 25° und Anfang Juli von 15°. Schon 1896 haben beide Beobachter wahrgenommen, dass während der Schneeschmelze bisweilen eine vorübergehende Helligkeit an den Rändern der Schneekalotte sichtbar wurde, wodurch die letztere über ihre wahre Begrenzung hinaus vergrössert erscheint. Dieses Phänomen wurde bei der diesmaligen Opposition etwa 14 Tage vor dem Sommersolstitium der nördlichen Marshemisphäre wiederum wahrgenommen und dauerte etwa eine Woche hindurch. Die Ränder der Schneezone, welche am 22. März recht scharf erschienen, zeigten sich vom 24. März bis Anfang April verwaschen und die Kalotte vergrössert, wenngleich weniger glänzend. Diese Vergrösserung kann durch Reif, Nebel oder Wolken hervorgerufen werden. Von den Kanälen des Mars wurden 50 gesehen, darunter 46, die schon Schiaparelli sah, ein Kanal, den Cerulli entdeckt hat, und drei neue Kanäle. Diese letztern erhielten die Namen: Nasamon, Permessus und Rhyndacus. Verdoppelungen wurden nur drei erkannt, von denen zwei frappante, nämlich die des Cerberus, dessen beide Züge sich bis zum Mare Cimmerium erstreckten, und die des Casius, die ohne Schwierigkeit zu sehen war.

Gestalt und Grösse des Jupiter. Über die Dimensionen der Jupiterscheibe weichen die Messungen der verschiedenen Beobachter sehr voneinander ab. Lässt man die ältern Angaben völlig unberücksichtigt, so findet man bei F. W. Struve (1829) aus den Messungen am Dorpater Refraktor den scheinbaren Durchmesser des Jupiter für mittlere Entfernung: im Äquator zu 38.327″ und die Abplattung

zu 1 : 13.7 angegeben. Bessel fand (1833) am Königsberger Heliometer 37.60″ und die Abplattung 1 : 15.7. Kaiser (1857) 37.558″, Abplattung 1 : 15.6. Schur (1896) im Mittel aus den eigenen und den besten fremden Beobachtungen 37.40″, Abplattung 1 : 16.5. Barnard (1892—1894) 36.112″, Abplattung 1 : 16. In der Zeit von März bis Mitte Juli 1900 hat Dr. J. J. See in 22 Nächten am 26-zolligen Refraktor zu Washington neue Messungen des Jupiter ausgeführt und findet als wahrscheinlichsten Wert:

Äquatorialdurchmesser .	38.401″ ± 0.038″
Polardurchmesser . . .	35.921″ ± 0.050″
Abplattung	1 : 15.53

Unter Annahme einer Sonnenparallaxe von 8.796″ und des äquatorialen Erdradius zu 6378.2 *km* ergeben sich daraus folgende wahre Dimensionen:

Äquatorialdurchmesser .	144797 ± 143 *km*
Polardurchmesser . .	135445 ± 189 „

Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass die mit Heliometer bestimmten Durchmesser der Planeten meist kleiner ausfallen, als die mit Hilfe des Fadenmikrometers bestimmten. Dieses bestätigt sich auch im Falle des Jupiter. Der von Dr. See gefundene Wert von 38.4″ weicht um 0.8″ von dem durch Bessel und Kaiser bestimmten Wert von 37.6″, welchen man wohl als den sichersten betrachtet, ab. Dr. See macht darauf aufmerksam, dass Messungen mittels des Fadenmikrometers an einem sehr grossen Refraktor, in dessen Brennpunkt ein relativ grosses Bild des Planeten entsteht, und beim Gebrauche eines farbigen Schirmes, wodurch die Bildschärfe gewinnt, grosses Gewicht besitzen gegenüber den Heliometermessungen, und hält deshalb den von ihm gefundenen Wert des Jupiterdurchmessers für der Wahrheit sehr nahe kommend. Bezüglich der Durchmesser der vier grossen Jupitermonde sind verschiedenartige Messungsmethoden angewandt worden. Schon J. D. Cassini hat deren Durchmesser aus der Zeitdauer ihrer Verfinsterung im Schatten des Jupiter abzuleiten versucht, doch sind die von ihm erhaltenen Werte zu gross. Sicherer erschienen die von Schröter und Harding auf ähnlichen Wegen bestimmten; direkte Messungen gab dagegen erst W. Struve 1829. Er fand folgende scheinbare Durchmesser:

I. Mond 1,015″, II. Mond 0.911″, III. Mond 1.488″, IV. Mond 1.273″. Pickerings photographische Bestimmungen (1879) lieferten folgende Werte: I. Mond 0.924″, II. Mond 0.866″, III. Mond 1.096″, IV. Mond 0.651″. Barnard fand (1894) folgende Durchmesser: I. Mond 1,048″, II. Mond 0.874″, III. Mond 1.521″, IV. Mond 1.430″. Von diesen Werten merklich abweichend sind diejenigen, welche Harvy (1899) nach Michelsons Interferenzmethode gefunden hat, nämlich für Mond I: 0.94″, Mond II: 0.84″, Mond III: 1.23″, Mond IV: 1.26″. Die Messungen von Dr. See führten diesen zu folgenden Ergebnissen für die scheinbaren Durchmesser:

I. Mond:	0.672″	± 0.098″
II. „	0.624	± 0.078
III. „	1.361	± 0.003
IV. „	1.277	± 0.083

Diesen entsprechen folgende wahren Durchmesser:

I. Mond:	2534 ± 370 *km*
II. „	2353 ± 294 „
III. „	5132 ± 388 „
IV. „	4644 ± 313 „

Die Scheibchen der vier Monde erschienen Dr. See bei guten Luftverhältnissen stets vollkommen kreisförmig und ohne Spur von Flecken.

Die Periodizität der Oberflächengebilde des Jupiter. Die langjährigen Beobachtungen der Jupiteroberfläche auf der Podmaniczkysternwarte in Kis-Kartal (Ungarn) erwiesen in den Veränderungen, die sich besonders bei den äquatorialen Banden gestalteten, zu gewissen Zeiten Übereinstimmungen, die auf eine Periodizität der Erscheinung deuten. Dr. Wonaszek macht darüber folgende Mitteilungen:

Die Beobachtungen auf der Sternwarte Kis-Kartal wurden seit 1893 durchgehends mit dem guten 7-zolligen Refraktor bei ziemlich günstigen Luftverhältnissen veranstaltet. Bei jeder Beobachtung wurde eine Zeichnung der Oberfläche Jupiters angefertigt, um die Verteilung und Schattierung der Bänder, deutlicher wie jede Beschreibung, wiedergeben zu können.

Zunächst war die äquatoriale Region der Jupiteroberfläche von zwei breiten und sehr dunkel gefärbten äquatorialen Bändern bedeckt, die einen hellen, in gelblichweissem Tone glänzenden Zwischenraum lassen, der die eigentliche Äquatorregion ausmacht.

Dann entstand in den breiten Bändern eine Zersetzung, die sich von Jahr zu Jahr fortsetzte und mit dem gänzlichen Verschwinden des nördlichen äquatorialen Bandes endigte. Auf der Jupiteroberfläche blieb demnach in dieser Zeit bloss das südliche äquatoriale Band, das auch ziemlich starke Zersetzungen aufwies. In dieser Zeit fand überhaupt wenig Neigung zur Neubildung der Bänder auf der Jupiteroberfläche statt; es war die Zeit einer minimalen Bandbildung.

Nach einigen Monaten finden wir das südliche Äquatorialband zum Äquator nähergerückt und ziemlich in die Breite gezogen. Es erstreckt sich von der Südseite über den Äquator bis auf dessen Nordseite und bedeckt eine Fläche längs des Äquators, die 10—15° in der Breite ausmacht. Es ist die Zeit, wo auf der Jupiteroberfläche ein einziges Band die äquatoriale Region bedeckt an der Stelle der frühern hellen, gelblichweiss glänzenden Region. Es dauert aber nicht lange, bis sich auf den beiden Seiten der dunklen äquatorialen Region bandförmige Verdunkelungen bilden.

Es entsteht an der südlichen und nördlichen Grenze der Region eine immer dunkler werdende Begrenzung, die sich allmählich zu den zwei äquatorialen Bändern ausbildet und erweitert. Die zwei gänzlich ausgebildeten Bänder werden dann wieder voneinander getrennt, die dazwischen liegende Region hellt sich wieder auf und bildet wiederholt den hellen, gelblichweiss glänzenden Zwischenraum. Das ist die Zeit der maximalen Bandbildung.

Aus den Beobachtungen und Zeichnungen, die seit 1856 von verschiedenen Astronomen an verschiedenen Sternwarten erhalten wurden, ergiebt sich eine Periode, die im Mittelwerte 11.76 Jahre umfasst, mit einem wahrscheinlichen Fehler von $\pm$0.13 Jahren.

In dieser Periode finden wir eine maximale und eine minimale Bandbildung. Das Maximum und Minimum fiel in die folgenden Jahre:

Maximum: 1856.0, 1867.9, 1879.7, 1891.7, 1903.0.
Minimum: 1861.0, 1873.3, 1884.1, 1896.4.

Das nächste Maximum ist im Jahre 1903.0 zu erwarten, das nächste Minimum 1908.

Die Beobachtungen zeigen auch, dass ein Maximum auf das Minimum in 6.9 Jahren, ein Minimum auf das Maximum aber in 4.9 Jahren folgt.

Die Periode der Erscheinung ist dieselbe, die der Planet braucht, um seine Bahn um die Sonne einmal zu beschreiben. Es liegt also nahe, die Bandbildung auf der Jupiteroberfläche als Wirkung der Sonne zu betrachten.

Demzufolge hat Dr. Wonaszek untersucht, in welchem Punkte seiner Bahn sich der Planet befindet in jedem gegebenen Falle des Maximums und Minimums.

Die Rechnung ergab, dass das Maximum der Bandbildung in einer Zeit vorkommt, wo der Planet in seiner Bahn eine heliozentrische Länge im Mittelwerte von 339° 5.9′ besitzt und seinem Perihel im Mittel um 30° 9.5′ vorsteht.

Das Minimum der Bandbildung ereignet sich dagegen in der Zeit, wo der Planet eine heliozentrische Länge im Mittel von 130° 55.1′ hat und seinem Aphel im Mittel um 61° 27.5′ vorsteht.

Dieses Ergebnis ist um so auffallender, als die Neigung der Äquatorebene des Jupiter gegen die Bahn dieses Planeten bloss 3° 26′ ausmacht, die Wärmezufuhr des Jupiter also keinen grossen Schwankungen unterliegt.

Der Umstand, dass der sogenannte „rote Fleck“ auf der südlichen Halbkugel der Jupiteroberfläche genau um die Zeiten der maximalen Bandbildung am sichtbarsten wird und wieder verschwindet um die Zeit der minimalen Bandbildung, deutet auf die Wirkung einer Attraktionskraft. Die periodische Bandbildung auf der Oberfläche Jupiters wäre also eine Erzeugung der Attraktionskräfte der Sonne. Der Planet steht in seinem Aphel 810.64 Millionen *km*

und in seinem Perihel 736.01 Millionen *km* entfernt von der Sonne. Bei den 74.63 Millionen *km* umfassenden Schwankungen in der Entfernung ist es leicht denkbar, dass die mit dem Quadrate der Entfernung umgekehrt wirkenden Attraktionskräfte der Sonne auf die zähflüssige, magmaartige Masse des Planeten eine wechselnde Wirkung ausüben, die der Erscheinung der Flut und Ebbe unserer Erde gleichkommt.

Dimensionen des Saturn. In den Monaten April bis September 1900 hat Dr. J. J. See am 26-zolligen Refraktor der Washingtonsternwarte den Saturn und sein Ringsystem sorgfältig vermessen. Leider machte der tiefe Stand des Planeten die Beobachtungen schwierig, doch waren die Bilder, unter Benutzung einer Glaszelle mit farbiger Flüssigkeit vor dem Okular, welche den blauen Lichtsaum um den Planeten zum Verschwinden brachte, scharf. Das Ergebnis der Messungen ist für den scheinbaren Äquatorialdurchmesser des Saturn: 17.448″ ± 0.025″, und unter Annahme der von H. Struve bestimmten Abplattung von 0.1013 ergiebt sich daraus bei einer Sonnenparallaxe von 8.796″: Äquatorialdurchmesser 120682 ± 173 *km*, Polardurchmesser 108457 ± 173 *km* (mittlere Dichte 0,1234 = 0.679 von der des Wassers). Was den Ring des Saturn anbelangt, so wurde von Dr. See die Cassinische und Enckesche Trennungslinie schmal und scharf gesehen, bisweilen über den ganzen Umfang des Ringes. Auch der sogenannte dunkle oder Crapring war leicht sichtbar, und seine Breite (also die Annäherung seines innersten Randes an die Oberfläche des Saturn) war bemerkenswert gross. Sorgsame Schätzungen ergaben, dass dieser dunkle Ring volle 0.7 des Raumes zwischen der innern Grenze des hellen Ringes und der Saturnkugel einnimmt. Es schien dem Beobachter, als wenn dieser Ring gegen den Saturn hin allmählich schwächer wird, ohne bestimmte Grenzen.

Auch den scheinbaren Durchmesser des Saturnmondes Titan hat Dr. See verschiedentlich gemessen und geschätzt. W. Struve und H. Mädler fanden dessen Durchmesser früher zu etwa 0.75″, Barnard bestimmte ihn (1894) zu 0.558″. Dr. See findet 0.487″ oder 3481 *km*. Als Endergebnis seiner Messungen giebt er folgende Resultate:

Äusserer Durchmesser des äussern Ringes . .	40.304″ = 278768	*km*
Innerer „ „ „ „ . .	34.788″ = 240610	„
Durchmesser im Zentrum von Enckes Teilung .	37.777″ = 261290	„
Breite von Enckes Trennungslinie	0.107″ = 740	„
Breite des äussern Ringes	2.758″ = 19076	„
„ „ „ Teiles des äussern Ringes	1.237″ = 8556	„
„ „ innern „ „ „ „	1.414″ = 9780	„
„ von Cassinis Trennungslinie	0.418″ = 2891	„
Äusserer Durchmesser des mittlern Ringes . .	33.951″ = 234827	„
Innerer Durchmesser des mittlern Ringes (oder äusserer Durchmesser des dunklen Ringes)	25.952″ = 179501	„

Breite des mittlern Ringes	4.000″ = 27667 *km*
Innerer Durchmesser des dunklen Ringes . .	20.582″ — 142359 „
Breite des dunklen Ringes	2.685″ = 18571 „
Zwischenraum zwischen Saturn und dem dunklen Ringe	1.567″ = 10838 „
Äquatorialdurchmesser des Saturn	17.448″ = 120682 „
Abplattung (nach H. Struve)	0.1013″
Polardurchmesser	15.681″ = 108457 „
Masse des Saturn (nach Bessel)	1 : 3501.6
Mittlere Dichte des Saturn	0.1234 = 0.679 des Wassers.

Die Rotation des Saturn. Während des Jahres 1896 sind zu Juvisy von Antoniadi wiederholt dunkle Flecken auf der Saturnsoberfläche gesehen worden.[1]) Die Durchgänge derselben durch die Mitte der Scheibe in den Monaten Juni und Juli ergaben als mittlere Rotationsdauer $10^h\ 14^m\ 14^s$. Im Jahre 1897 wurden in den Monaten Juni bis August vier dunkle Flecken während mehrerer Rotationen beobachtet. Sie ergaben als mittlere Umdrehungsdauer des Planeten $10^h\ 14^m\ 4^s$.

Die Exzentrizität der Saturnringe. Im Jahre 1684 sprach.[2]) der Kanonicus Gallet in Avignon die Meinung aus, dass bisweilen die Kugel des Saturn nicht genau in der Mitte des Ringes erscheine. Wenn Saturn nahe der östlichen Quadratur ist, so steht nach Gallet der Mittelpunkt seiner Scheibe dem östlichen Rande des Ringes näher. Nach seiner Ansicht wäre diese exzentrische Stellung lediglich eine Wirkung der Phase, welche in der Quadratur die Scheibe des Saturn zeigt. Die Ausführungen Gallets blieben völlig unbeachtet, bis Schwabe in Dessau am 27. Dezember 1826 wahrzunehmen glaubte, dass[3]) der dunkle Raum zwischen dem Saturnringe und der Saturnscheibe im Osten (also rechts) von letzterer breiter sei als im Westen (links). Harding in Göttingen bestätigte diese Wahrnehmung und teilte sie F. W. Struve mit, der dann am Dorpater Refraktor 1828 Messungen darüber anstellte und den Unterschied zu 0,215″ bestimmte. Bessels Messungen 1830 zeigten etwas Ähnliches, doch mit geringerer Sicherheit. In den Jahren 1841 bis 1843 beobachteten gleichzeitig Schwabe zu Dessau und de Vico zu Rom und kamen zu dem Ergebnisse, dass die Exzentrizität des Saturnringes veränderlich sei, doch konnten sie eine Periode dieser Veränderung nicht ermitteln. Abgesehen von Struves und Bessels Messungen sind die Angaben der Beobachter über die exzentrische Lage der Ringe bis 1840 indessen nur Schätzungen der scheinbaren Breite des dunklen Zwischenraumes zwischen dem Rande des Saturn und dem innern Rande des hellen Doppelringes. Gallets Wahrnehmungen wurden jedenfalls an einem sehr unvollkommenen Fernrohr gemacht und

[1]) Monthly Notices 1901. 61. No. 3. p. 131.
[2]) Journal des Savants 1684 p. 198.
[3]) Astron. Nachr. No. 433.

diejenigen von Schwabe an einem Fernrohre von nur 3 ½ Fuss Brennweite. Ob aber eine Stellungsdifferenz von höchstens ¼″ in einem alten, mittelmässigen Fernrohre, wie Gallet nur benutzen konnte, überhaupt auffassbar ist, dürfte doch zweifelhaft sein; selbst an einem Fraunhoferschen Refraktor von ca. 33‴ Öffnung ist es kaum möglich, über einen so kleinen Unterschied mit Sicherheit nach Schätzung zu urteilen. Dazu kommt, dass dem innern Rande des hellen Ringes der sogenannte Crapring anhängt, der zwar von Schwabe 1828 nicht erkannt wurde, dessen Vorhandensein aber jedenfalls das Urteil über die Breite des dunklen Zwischenraumes zwischen hellem Ringe und Saturn nicht erleichtert. Sonach scheint die exzentrische Stellung des Saturn in seinem Ringe nur als Vermutung Schwabes, die durch W. Struve 1828 ihren sichern Nachweis erhielt. O. Struve fand [1]) 1851 am 15-Zoller zu Pulkowo aus seinen Messungen keine exzentrische Stellung des Saturn, und hierdurch fand die weitere Vermutung Boden, dass die Exzeutrizität des Ringsystems veränderlich sein möchte. Während der günstigen Stellung des Saturn in den Jahren 1854—1856 hat Secchi in Rom die Frage nach der elliptischen Gestalt des Ringes und der Bewegung seiner Apsidenlinie durch Beobachtungen zu entscheiden gesucht. [2]) Er fand die Exzentrizität desselben zu 0.004 und als Periode der scheinbaren Änderung 14.428^h. Im Jahre 1896 hat, entsprechend einer Aufforderung von Prof. Seeliger, Dr. W. Villiger am 10.5-zolligen Refraktor zu München Beobachtungen über die Exzentrizität des Saturnringes begonnen und teilte die Ergebnisse, zu denen er bis jetzt gelangte, kürzlich mit. [3]) Während jener Opposition (1896) war er bemüht, an denselben Abenden die Messungen möglichst lange Zeit anzustellen, um die schon öfter vermuteten kurzperiodischen Änderuugen zu ermitteln. Obschon damals von Mai 9 bis Juui 30 an 24 Abenden beobachtet wurde und dabei an 9 Abenden die Messungen über mehr als 2 Stunden ausgedehnt werden konuten, so war das Resultat doch ein negatives insofern, als sich solche kurze Perioden (von 9.5^h und 8.2^h) nicht mit Sicherheit feststellen liessen.

Gelegentlich der Reduktion dieser Beobachtungen von 1896 hatte Dr. Villiger die ältern Beobachtungen zusammengestellt; es war dabei seine Absicht, die obigen kurzen Perioden durch andere Messungen sicher zu stellen. Alle Versuche uach dieser Richtung waren erfolglos. Diese Zusammenstellung aller vorhandenen Messungen ergab aber in ganz anderer Richtung ein eigentümliches Verhalten. Die Übersicht über die Fadenmikrometermessungen zur Bestimmung der Exzentrizität der Saturnringe zeigt nämlich deutlich periodische Veränderungen, deren Periode Villiger damals auf etwa 9.5 Jahre

[1]) Astron. Nachr. 9. p. 14.
[2]) Monthly Notices 16. p. 50.
[3]) Astron. Nachr. No. 3731.

schätzte. Dieses unerwartete Resultat bewog ihn, den Beobachtungsmodus für die nächsten Jahre etwas abzuändern, und er war demzufolge mehr darauf bedacht, möglichst viele Beobachtungsabende zu bekommen, als an ein und demselben Abende die Messungen auf mehrere Stunden auszudehnen.

Die Untersuchung der sämtlichen Beobachtungen von 1880 bis 1901 ergab als Periodendauer für die Änderung der Exzentrizität 9.26 Jahre, doch werden mit diesem Werte die Beobachtungen um 1828 und 1851 nicht gut dargestellt, so dass Dr. Villiger die Vermutung einer sekularen Änderung der Exzentrizität ausspricht, deren Periode sich aber aus den vorhandenen Beobachtungen nicht ableiten lässt. Bleibt man bei den Rechnungen von Dr. Villiger stehen, so folgt aus denselben für rückläufige Bewegung der Apsidenlinie als Umdrehungszeit 13.5 Jahre, und unter Annahme von 40.1″ für den äussern Durchmesser des Ringes folgt ferner als Exzentrizität für diese äusserste Stelle am Saturnringe $e = 0.0016$. Dr. Villiger macht u. a. noch folgende Bemerkungen: «Seit dem Jahre 1895 haben C. Flammarion[1]) und E. Antoniadi[2]) die Aufmerksamkeit auf die Exzentrizität der Saturnringe gelenkt. Sie haben, wie das schon früher öfters geschehen, durch direkte Vergleichung der beiden Ringhenkel und insbesondere der Distanz des innern Randes des Crapringes vom Saturnrande links und rechts, die Exzentrizität abgeschätzt. Direkte Messungen dieses Abstandes sind leider aus den letzten Jahren nicht vorhanden.

Bemerkenswert ist das gegenwärtige (1901.3) Verhalten der Abstände des äussern Ringrandes vom Saturnrande und des innern hellen Ringrandes vom Saturnrande, deren Exzentrizitäten nach entgegengesetzten Seiten stehen. Das hat zur Folge, dass der helle Ring rechts deutlich breiter erscheint als links. Die von zahlreichen Beobachtern gemachten Wahrnehmungen über zeitweiliges verschiedenes Aussehen der Cassini- und Encke-Teilung links und rechts von Saturn, sind gewiss auch durch die Verschiedenheit in den Exzentrizitäten und Umdrehungszeiten der Perisaturnien für verschieden weit vom Saturnzentrum entfernte Stellen des Ringes zu erklären, und es können nach dieser Richtung auch Zeichnungen oder genaue Beschreibungen des auf den Ringen Bemerkten von grossem Werte sein. Denn dieselben sind im stande, die Messungen gewissermassen zu ergänzen. Auch auf den Ringen selbst gelegene Punkte, welche der direkten Messung nur schwer oder garnicht zugänglich sind, können dadurch in die Betrachtung einbezogen werden. Vor allem wird es aber notwendig sein, noch für eine längere Reihe von Jahren genaue Messungen anzustellen.«

---

[1]) Monthly Notices **60.** p. 441. 442; id. **61.** p. 129. 130.

[2]) Bulletin de la Société Astronomique de France 1899. p. 39.

Die Bahn des Saturnmondes Enceladus. Am 26-zolligen Refraktor des Leander McCormickobservatoriums der Universität von Virginia hat Herbert E. Morgan seit mehrern Jahren Beobachtungen der Saturnmonde angestellt, behufs genauerer Bestimmungen ihrer Bahnen. Von diesen hat er die Beobachtungen des zweitinnersten Mondes, Enceladus, zu einer neuen Untersuchung der Bahn desselben benutzt.[1]) Dieser Mond, 1789 von W. Herschel entdeckt, ist, obgleich klein und lichtschwach, doch für den 26-zolligen Refraktor in guten Nächten in allen Teilen seiner Bahn kein schwieriges Objekt. Das Interesse an diesem Saturnmonde gipfelt, wie H. Struve[2]) nachgewiesen, in dem Umstande, dass seine mittlere Bewegung sehr nahe zweimal so gross ist als die mittlere Bewegung des 4. Saturnmondes (Dione), und dadurch Störungen entstehen, welche ein Schwanken (Libration) der mittlern Länge und der Bewegungen des Knotens und Perisaturniums des Enceladus hervorrufen. Die Beobachtungen geschahen in den Jahren 1894, 1898 und 1900, und indem der Berechner von den Struveschen Bahnelementen für Enceladus ausging, fand er folgende definitiven Werte derselben, welche die Beobachtungen 1894, 1898 und 1900 am besten darstellen:

	1894.35	1898.52	1900.52
	Mai 8.0	Juli 8.0	Juli 8.0 M. G. Zt.
E	331.281°	250.346°	165.102°
γ	1.5′	9.0′	11.4′
δ	131.3°	309.3°	142.4°
e	0.00581	0.00397	0.00642
P	202.1°	28.9°	257.2°

Hier bezeichnet E die mittlere Länge vom Frühlingsäquinoktium in der Ekliptik gezählt; P die Länge des Perisaturniums, ebenfalls von jenem Punkte aus gezählt; γ die Neigung, δ den Knoten auf dem Saturnäquator gezählt vom Knoten des Saturnäquators auf dem Erdäquator; e die Exzentrizität der Bahn. Die mittlere Länge für 1900 ist in guter Übereinstimmung mit Struve, die Exzentrizität ist aber grösser, als sie früher gefunden, die Länge des Perisaturniums stimmt gut mit der von Struve theoretisch gegebenen Bewegung überein; da die Neigung nur gering ist, so bleibt die Knotenlänge unsicher, doch stimmt sie näherungsweise mit der theoretisch berechneten überein. Die Ergebnisse bestätigen die Vortrefflichkeit der Beobachtungen und der Theorie in der Untersuchung Struves vollkommen.

---

[1]) Publications of the McCormick Obs. of the Univ. of Virginia. 2. I. Charlottesville 1901.

[2]) Public. de Pulkovo [2] 9.

Der Mond.

Die Helligkeit des sekundären Mondlichtes ist zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich. Schon Lambert und Schröter waren hierauf aufmerksam geworden und erklärten die Thatsache dadurch, dass zu gewissen Zeiten der Mond vorzugsweise von den grossen Festlandmassen der Erde Licht zugestrahlt erhält, zu andern aber von den ozeanischen Teilen derselben, welche weniger Helligkeit ausstrahlen. Auch der Zustand der Erdatmosphäre spielt dabei eine gewisse Rolle. Am 22. März 1901 sah Lumsden in Toronto das sekundäre Mondlicht ungewöhnlich hell und vermutete als Ursache eine ungewöhnliche Bewölkung der dem Monde damals zugewendeten Erdhälfte. Infolge dessen hat H. H. Kimball die Erscheinung genauer untersucht.[1]) Er zeigt, dass die Bewölkung der Erdatmosphäre nur eine geringe Wirkung haben kann, dass dagegen die Quantität des Erdenlichtes auf dem Monde sich umgekehrt wie die vierte Potenz der Entfernung beider Weltkörper verhält. Er findet danach, dass das sekundäre Mondlicht 27% heller sein muss, wenn der Mond in seiner Erdnähe steht, als bei mittlerer Entfernung desselben, und in dieser 25% heller als in grösster Entfernung von der Erde. Die grössten aus der veränderlichen Entfernung des Mondes resultierenden Unterschiede in der Helligkeit des aschfarbenen Lichtes können also bis auf 52% der ganzen Helligkeit desselben steigen. Dies ist aber offenbar ein weit grösserer Betrag als derjenige, welcher aus der mehr oder minder grossen Bewölkung der Erdatmosphäre resultieren könnte. Am 21. März 1901 war der Mond in der Erdnähe, und infolge dieses Umstandes allein musste das sekundäre Licht der Mondscheibe wenigstens um ein Viertel heller als im Durchschnitte erscheinen. Wenn daher auch zweifellos der Zustand der Bewölkung über dem dem Monde zugewandten Teile der Erdoberfläche einen Einfluss auf die Helligkeit des aschgrauen Mondlichtes ausübt, so ist derselbe doch sehr gering, und die Hauptursache, weshalb dieses Licht heller oder minder hell erscheint, ist in der veränderlichen Entfernung des Mondes von der Erde zu suchen.

Ortsbestimmung von 150 Mondkratern. Prof. Jul. Franz hat eine sehr wichtige Arbeit veröffentlicht, in welcher er die von ihm gemessenen und berechneten Örter von 150 Objekten der Mondoberfläche mitteilt.[2]) Diese Untersuchung beruht auf der Ausmessung von Mondphotogrammen, deren Aufnahmezeiten wenig von der Zeit des Vollmondes abweichen. Deshalb enthält sie auch nur

---

[1]) Monthly Weather Review 1901. p. 209.

[2]) Mittlgn. d. Kgl. Univ.-Sternwarte zu Breslau 1901. 1. p. 1 ff.

Objekte, die im Vollmonde gut sichtbar bleiben und sich durch die Helligkeit von ihrer Umgebung abheben, während man früher die besonders durch Schattenwurf und Gebirgsformen charakterisierten Objekte zum Gegenstande der Messung machte, weil man die Messungen meist in der Nähe der Lichtgrenze vornahm. Da die Photographie sich immer mehr in der Himmelskunde einbürgert, so werden die hier bestimmten Formationen auch für die Zukunft mehr Anwendung finden, als die nur in der Nähe der Lichtgrenze sichtbaren.

Die Bestimmung erstreckt sich nicht nur auf Mondkrater, sondern auch auf einige Berge. Im allgemeinen wurden helle und kleine, gut bestimmbare Objekte ausgewählt. Bei Kratern gilt der Ort, wenn nicht das Gegenteil besonders angegeben ist, nicht für den Zentralberg (der in dem Photogramm oft nicht sichtbar war), sondern für den Schwerpunkt der Figur. Bei Bergen wurde stets der hellste Punkt, meist zugleich Lichtschwerpunkt, eingestellt.

Bei der Auswahl der Objekte wurde eine gleichmässige Verteilung über die Mondscheibe angestrebt. Aber in der Nähe von Tycho und Copernicus, besonders westlich und nordwestlich von beiden, blieben in der Umstrahlung kaum Objekte sichtbar, auch in dem hellen gebirgigen Südwestquadranten mussten alle irgend brauchbaren Objekte zur Messung herangezogen werden, und ihre Identifizierung bereitete Schwierigkeiten. Dagegen hat Franz im Nordwestquadranten nur die schönsten ausgewählt. In der Umgegend von Mösting A und Gassendi z, die ihm besonders von Interesse schien, sind auch unscheinbare Punkte gemessen.

Bevor die Ausmessung unternommen wurde, musste Prof. Franz die physische Libration des Mondes und die Örter einiger Fundamentalkrater, deren gegenseitige Lage zur Orientierung und zur Bestimmung des Massstabes der Photogramme dienen sollten, bestimmen.

In der I. Abhandlung des 38. Bandes der »Beobachtungen auf der Königlichen Universitätssternwarte zu Königsberg« sind die Konstanten der physischen Libration und zugleich die Lage von Mösting A, einem kleinen hellen Krater nahe der Mitte der Mondscheibe, bestimmt. Hierdurch ist die Lage dieses Kraters ungleich genauer bekannt geworden, als die irgend eines andern Punktes der Mondoberfläche, und wenn man statt der unebenen Mondränder diesen sternähnlichen Krater im Meridiane beobachtet, so erhält man mit Hilfe der Ephemeride, welche das Berliner Astronomische Jahrbuch seit 1892 von ihm giebt, Mondörter zur genauern Bestimmung der Elemente der Mondbahn und der parallaktischen Ungleichheit, aus welcher am sichersten die Sonnenparallaxe berechnet wird, wie es Astron. Nachr. No. 3262 und 3444 geschehen ist. Denn der Koeffizient der parallaktischen Ungleichheit ist $> 124''$ und somit mehr als viermal so gross als die Parallaxe von Venus bei Durchgängen und von Eros in Erdnähe. Ausserdem bietet die Bestimmung

der Sonnenparallaxe aus der Mondbahn den Vorteil, dass sie in jedem Monate stattfinden kann, während die Perihelоppositionen des Eros und besonders die Venusdurchgänge verhältnismässig selten sind.

In der 5. Abhandlung desselben 38. Bandes der Königsberger Beobachtungen ist dann die Figur des Mondes untersucht und seine Verlängerung nach der Erde zu = 0,00114 ± 0,00390 w. F., also unmerklich gefunden, während anderseits auch die Abplattung des Mondes entsprechend der langsamen Rotation unmerklich ist.

Dass die Verlängerung des Mondkörpers nach der Erde zu kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler ist, bestätigt eine neue Untersuchung von Dr. Mainka, die auf ganz anderer Methode beruht. Hieraus ergiebt sich der wichtige Schluss, dass man bei der Bestimmung der selenographischen Längen und Breiten der Krater den Mondkörper als eine Kugel betrachten kann. In der 5. Abhandlung des 38. Bandes der Königsberger Beobachtungen hat Verf. auch acht den Rändern benachbarte Krater durch heliometrischen Anschluss an Mösting A bestimmt. Die selenographischen Längen und Breiten der hierdurch bekannt gewordenen Fixpunkte nebst den zugehörigen wahrscheinlichen Fehlern sind folgende:

	λ		w. F.	β		w. F.
Mösting A	— 5°	10.32′	± 0.13′	— 3°	11.40′	± 0.09′
Proclus	+ 46	57.27	± 0.57	+ 16	4.78	± 0.73
Macrobius a	+ 40	21.94	± 0.52	+ 19	32.69	± 0.74
Sharp A	— 42	33.24	± 1.40	+ 47	31.78	± 0.76
Aristarch	— 47	32.43	± 0.86	+ 23	42.23	± 0.80
Cassendi z	— 42	52.19	± 0.58	— 16	27.43	± 0.55
Byrgius A	— 63	48.23	± 1.32	— 24	33.47	± 0.75
Nicolai A	+ 23	38.92	± 0.51	— 42	26.97	± 0.63
Fabricius K	+ 42	14.63	± 0.76	— 46	4.17	± 0.86

Diese 9 Fixpunkte liegen der jetzigen Untersuchung zum Grunde.

Über die spezielle Methode der Untersuchung und Berechnung muss auf das Original verwiesen werden, dagegen möge hier der Katalog der nach ihrer selenographischen Lage bestimmten Objekte nebst den erhaltenen definitiven Werten eine Stelle finden. Die Helligkeit wurde wie bei Mädler in zehn Stufen geschätzt, so dass zehn die höchste Helligkeit bedeutet. Doch hat Prof. Franz durchschnittlich heller als Mädler geschätzt. Die Helligkeit steht in der Schlusstabelle hinter dem Durchmesser. Dahinter befindet sich die geringere Helligkeit der Umgebung. Hat der Krater selbst verschiedene Helligkeit, so wurde für ihn die Maximalhelligkeit angeschrieben, für die Umgebung dagegen die durchschnittliche Helligkeit. »Es ist«, sagt Prof. Franz, »ein eigentümliches Gesetz der Mondgebilde, dass ihre Helligkeit im allgemeinen mit der Höhe wächst. Ausnahmen bilden z. B. die hellen Streifen, Umglänzungen und die drei dunklen Flächen im Alphonsus A.«

	Selenographische		Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
	Länge	Breite				
1. Abulfeda A	+ 10° 47′.29	− 16° 25′.08	23′	21′	7.6 in	6.6
2. Abulfeda b	+ 13 . 6.88	− 16 11.41	36	23	8.4	5.4
3. Abulfeda e	+ 10 9.79	− 16 44.49	13	13	8.5	6.0
4. Airy A	+ 7 40.71	− 17 2.11	23	20	7.8	5.5
5. Airy, Randkrater	+ 4 29.42	− 17 37.55	23	19	7.1	5.1
6. Alfraganns	+ 19 1.18	− 5 25.08	39	39	8.1	5.4
7. Alfraganus c	+ 18 7.52	− 6 6.75	16	16	8.9	5.6
8. Alphonsus A	− 2 41.87	− 13 20.84	15	10	7.2	4.9
9. Arago A	+ 20 0.30	+ 4 34.57	28	27	6.5	3.9
10. Aratus	+ 4 31.89	+ 23 36.38	21	17	7.9	5.8
11. Archimedes A	− 6 23.92	+ 28 1.33	28	20	7.5	4.4
12. Archytas B	+ 7 28.23	+ 64 57.80	27	16	8.4	6.2
13. Aristarchus	− 47 32.43	+ 23 42.23	72	56	10	—
14. Azophi a	+ 10 5.38	− 22 49.45	24	22	7.8	5.5
15. Beaumont A	+ 26 12.62	− 17 3.68	22	17	8.2	5.7
16. Bessarion	− 37 16.71	+ 14 48.47	22	16	8.0	4.4
17. Bessel	+ 17 53.77	+ 21 42.57	28	25	4.5	3.5
18. Bessel A	+ 20 59.43	+ 24 44.07	14	11	4.6	2.6
19. Billy	− 50 3.00	− 13 49.37	83	50	6.9	5.0
20. Bode	− 2 25.91	+ 6 43.04	35	35	7.7	5.4
21. Bode A	− 1 8.85	+ 8 59.34	25	23	8.4	5.5
22. Bode B	− 3 4.28	+ 8 44.73	17	16	6.2	5.0
23. Boscovich A	+ 10 43.02	+ 9 10.52	11	8	6.9	4.2
24. Bouguer	− 35 40.67	+ 52 12.99	47	24	7.6	5.4
25. Büsching e	+ 18 25.66	− 36 41.51	27	21	6.8	5.1
26. Byrgius A	− 63 48.23	− 24 33.47	20	7	9	—
27. Campanns, Cnt.-Bg.	− 27 43.78	− 27 58.16	9	6	6.9	4.4
28. Capella D	+ 34 5.61	− 4 15.32	28	22	8.0	5.2
29. Carlini	− 24 2.76	+ 33 41.28	21	15	6.2	3.4
30. Cassini C	+ 7 47.28	+ 41 41.59	23	20	8.0	4.7
31. Censorinus	+ 32 39.95	− 0 23.91	37:	30:	8.9	6.7
32. Cepheus A	+ 46 30.37	+ 41 1.42	21	14	8.7	5.5
33. Condamine a	− 30 4.67	+ 54 20.62	32	20	8.2	5.9
34. Damoiseau e	− 58 16.96	− 5 14.20	26	16	9.5	4.8
35. Davy A	− 7 42.85	− 12 12.60	23	22	6.7	4.8
36. Dionysins	+ 17 19.79	+ 2 46.46	35	34	9.2	4.2
37. Dionysius A	+ 15 6.15	+ 3 56.61	26	25	7.2	4.7
38. Diophantus	− 34 13.62	+ 27 35.29	34	27	6.1	3.6
39. Drebbel	− 48 58.75	− 40 54.23	63	29	8.0	5.6
40. Endymion G	+ 55 36.44	+ 56 22.70	23	13	8.8	8.0
41. Eudoxus A	+ 20 4.95	+ 45 47.09	27	18	8.6	6.0
42. Euklides	− 29 28.66	− 7 23.73	23	23	7.5	6.0
43. Euler A	− 30 49.56	+ 20 52.03	29	25	7.9	3.8
44. Fabricius K	+ 42 14.63	− 46 4.17	35	20	8	4
45. Flamsteed	− 44 14.98	− 4 29.23	39	23	6.4	3.0
46. Fourier A	− 48 28.10	− 32 16.54	38	24	9.2	6.4
47. Fracastor d	+ 28 2.12	− 23 1.92	33	24	8.0	6.2
48. Franklin B	+ 39 43.79	+ 37 7.30	33	21	8.4	5.2
49. Galilei	− 62 39.99	+ 10 27.89	28	15	5.6	2.3
50. Gambart A	− 18 43.86	+ 0 57.51	21	20	8.2	5.5
51. Gambart E	− 13 12.56	− 1 23.57	22	21	7.2	4.6
52. Gassendi A	− 43 35.23	− 18 25.91	19	12	8.8	5.2
53. Gassendi D	− 33 54.05	− 13 20.88	31	24	6.1	3.4
54. Gassendi G	− 44 34.53	− 16 44.46	12	7	6.9	4.7
55. Gassendi z	− 42 52.19	− 16 27.43	10	10	8	5
56. Guericke B	− 15 14.27	− 14 33.76	33	31	6.9	4.2
57. Guericke C	− 11 32.00	− 11 33.27	20	19	8.5	4.0
58. Guttemberg A	+ 39 57.68	− 9 0.44	27	23	7.8	6.1
59. Hansen A	+ 74 43.81	+ 13 22.82	25	9	8.8	8.0
60. Harpalus A	− 39 41.91	+ 50 21.08	46	24	7.7	5.3
61. Heinsius a	− 17 29.68	− 39 40.64	35	26	7.4	5.8
62. Hercules D	+ 39 7.72	+ 46 22.28	25	15	8.2	5.2
63. Herschel c	− 3 9.96	− 5 0.49	20	19	6.2	4.7
64. Hesiodus A	− 17 0.76	− 30 5.94	24	22	5.6	4.8
65. Hippalus A	− 28 22.40	− 23 15.59	34	26	8.7	5.1
66. Hipparchus C	+ 8 14.60	− 7 24.04	30	29	8.7	5.1
67. Hipparchus E	+ 7 0.62	− 2 52.40	29	28	7.9	5.2
68. Hipparchus G	+ 7 25.94	− 5 0.92	25	25	7.3	4.8
69. Higinus	+ 6 17.49	+ 7 46.08	16	14	5.8	4.4
70. Hypatia B	+ 24 10.60	− 0 34.41	14	13	8.3	4.6
71. Jansen B	+ 26 41.21	+ 10 40.26	36	32	6.9	4.0
72. Kepler	− 37 57.72	+ 8 6.40	64	46	8.4	6.6
73. Lalande	− 8 35.28	− 4 27.88	50	50	6.8	5.5
74. Lalande A	− 9 46.64	− 6 38.11	22	22	7.2	4.9
75. Lalande D	− 6 52.57	− 5 35.70	21	21	6.9	5.0

	Selenographische Länge	Selenographische Breite	Durchmesser		Helligkeit und die der Umgebung	
76. Lambert Γ . . .	− 18° 26′.71	+ 26° 27′.53	14′	11′	7.5 in	3.7
77. Landsberg A . .	− 31 8.79	+ 0 10.28	18	18	8.3	4.4
78. Langrenus h′ . .	+ 66 28.26	− 9 46.41	36	13	9.3	7.8
79. Linné	+ 11 47.08	+ 27 42.36	20	18	4.3	3.0
80. Lohrmann A . .	− 62 37.11	− 0 45.19	26	14	9.4	3.8
81. Lubiniezky B . .	− 23 30.00	− 14 35.58	29	27	8.8	6.1
82. Macrobius a . . .	+ 40 21.94	+ 19 32.69	35	26	9	8
83. Macrobius B . . .	+ 40 50.89	+ 20 55.62	28	21	9.1	6.1
84. Magelhaens c . .	+ 48 13.19	− 12 25.98	31	21	8.8	5.2
85. Maginus H . . .	− 10 3.60	− 52 30.08	24	15	9.1	6.0
86. Mairan e	− 37 8.83	+ 37 43.70	13	9	7.8	3.8
87. Mare Foecund. G	+ 49 27.00	+ 1 51.98	25	18	5.8	3.2
88. Mare Humorum J	− 36 58.67	− 21 36.07	20	13	6.3	3.0
89. Mare Nectaris E	+ 34 57.37	− 17 52.05	27	19	8.9	3.9
90. Marius A	+ 45 57.65	+ 12 34.57	29	22	7.4	3.7
91. Maupertuis A . .	− 24 38.92	+ 50 34.02	28	19	8.8	8.4
92. Mayer A	− 28 19.72	+ 15 15.10	26	26	8.4	5.1
93. Mersenius anon.	− 46 58.10	− 19 11.99	28	18	8.7	5.3
94. Mersenius C . . .	− 45 55.10	− 19 45.67	26	19	9.0	8.3
95. Messier	− 47 37.27	− 1 52.70	20	14	8.9	3.7
96. Messier A . . .	+ 46 55.78	− 1 59.85	21	16	8.9	4.0
97. Messier anon. . .	+ 52 52.13	− 5 22.51	24	13	5.2	3.1
98. Milichius	− 30 11.49	+ 9 59.78	23	21	8.5	4.6
99. Mösting	− 5 50.10	− 0 41.31	53	46	5.8	4.7
100. Mösting A . . .	− 5 10.32	− 3 11.40	22	22	9	5
101. Mösting c . . .	− 8 3.90	− 1 48.19	15	15	7.0	4.7
102. Mösting δ . . .	− 2 28.49	− 1 57.74	14	14	5.8	4.3
103. Nicolai A	+ 23 38.92	− 42 26.97	30	20	8	4
104. Palus Somnii A .	+ 42 14.80	+ 13 20.50	28	18	7.8	6.4
105. Parry A	− 15 56.69	− 9 30.63	23	23	8.5	4.5
106. Pico B	− 8 11.52	+ 43 11.45	44	14	7.9	3.4
107. Piccolomini I . .	+ 33 47.12	− 26 7.06	21	14	7.7	5.8
108. Piccolomini II . .	+ 32 20.52	− 26 55.68	30	20	8	5
109. Piccolomini III . .	+ 31 56.20	− 27 52.74	38	28	7	5
110. Piccolomini IV . .	+ 29 45.09	− 25 41.66	10	10	9	5
111. Playfair A . . .	+ 10 28.44	− 22 48.31	45	34	8.2	5.7
112. Plinius A	+ 26 19.83	+ 17 13.52	34	28	8.2	3.4
113. Plinius, Centr.-Bg.	+ 23 34.69	+ 15 18.96	14	13	7.3	5.8
114. Polybius B . . .	+ 25 34.21	− 25 33.06	23	18	7.1	8.0
115. Pons c	+ 20 47.79	− 28 45.93	26	19	7.2	6.2
116. Posidonius A . .	+ 29 28.75	+ 31 39.34	18	14	6.0	4.8
117. Proclus	+ 46 57.27	+ 16 4.78	56	33	9	7
118. Ptolemaeus A . .	− 0 48.10	− 8 30.49	18	14	8.2	4.3
119. Pythagoras A . .	− 62 50.96	+ 63 27.36	—	—	—	—
120. Reiner	− 54 54.14	+ 8 53.62	62	31	8.2	2.2
121. Reiner A	− 51 22.99	+ 5 7.24	19	11	6.2	3.1
122. Rhaeticus A . . .	+ 5 11.94	+ 1 44.21	18	18	5.4	4.8
123. Rhaeticus b . . .	+ 6 50.09	+ 1 37.18	15	13	8.0	5.6
124. Ross A	+ 20 8 10	+ 10 30.98	43	38	4.8	3.3
125. Sacrobosco c . .	+ 15 51.28	− 22 58.75	22	19	7.2	5.4
126. Seneca A	+ 69 57.04	+ 29 41.44	27	10	9.0	8.0
127. Sharp A	− 42 33.24	+ 47 31.78	31	20	9	5
128. Sharp b	− 45 12.26	+ 46 54.09	39	20	9.2	5.8
129. Silberschlag . . .	+ 12 33.29	+ 8 12.59	26	26	7.1	5.0
130. Silberschlag a . .	+ 13 13.39	+ 8 56.26	10	10	7.6	5.4
131. Sirsalis f	− 60 8.38	− 13 37.36	23	13	9.2	5.8
132. Sinus Medii B . .	+ 0 23.68	+ 1 10.20	17	18	5.8	4.2
133. Sosigenes	+ 17 36.14	+ 8 42.66	33	32	5.4	4.2
134. Sosigenes a . . .	+ 18 28.32	+ 7 45.75	21	19	5.1	3.9
135. Taquet	+ 19 11.33	+ 18 37.19	14	13	7.1	3.4
136. Taquet A	+ 20 14.78	+ 14 19.58	25	23	8.9	3.2
137. Taruntius A . . .	+ 49 52.46	+ 7 18.03	24	16	8.2	5.2
138. Thales	+ 50 17.00	+ 61 45.20	60	20	9.9	7.6
139. Thebit A	− 4 53.94	− 21 34.41	35	34	8.9	5.3
140. Thebit B	− 8 32.24	− 22 20.65	31	28	8.2	4.6
141. Thebit C	− 12 25.99	− 21 54.96	29	26	8.0	3.8
142. Theon junior . .	+ 15 50.43	− 2 23.52	32	30	7.2	5.2
143. Theon senior . .	+ 15 26.04	− 0 47.79	31	28	7.8	5.2
144. Tralles A	+ 47 4.09	+ 27 26.65	33	20	8.8	5.8
145. Triesnecker . . .	+ 3 37.43	+ 4 10.65	52	51	6.2	4.9
146. Triesnecker A . .	+ 1 8.38	+ 3 59.35	26	26	7.1	4.7
147. Ukert	+ 1 23.32	+ 7 43.47	43	—	7.2	5.0
148. Vitello	− 37 18.29	− 30 19.98	11	9	7.0	5.9
149. Vitruvius A . . .	+ 33 48.47	+ 17 44.89	34	27	7.8	5.2
150. Werner, nördlicher Randberg . .	+ 3 15.47	− 27 4.77	17	17	7.9	5.7

Die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu bildet den Gegenstand einer auf Heliometermessungen der Sichelbreite (Phasengrösse) beruhende Untersuchung von Dr. Carl Mainka in Breslau.[1]) Der Verf. giebt einleitend eine Übersicht der bisherigen einschlägigen Arbeiten, der folgendes entnommen ist: Vielleicht über keine andere Grösse in der Astronomie sind die Ansichten so verschieden, als über die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu. Newton, Lagrange und Laplace haben auf rein theoretischem Wege ein Resultat über die Gestalt des Mondes zu erlangen versucht, während Hansen durch Bahnbestimmung, Gussew, Kayser und Beck durch Messungen auf der Mondoberfläche einen Aufschluss über den Wert einer Verlängerung des Mondkörpers gefunden haben. In neuester Zeit hat Prof. Franz diese Frage zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht. Die auf theoretischem Wege erhaltenen Verlängerungen des Mondkörpers sind sehr klein, die übrigen dagegen (mit Ausnahme des Resultates des letztgenannten) verhältnismässig bedeutend.

In seinen »Principia mathematica philosophiae naturalis« behandelt Newton die Aufgabe, die Gestalt des Mondes zu finden. Er setzt den Mond als flüssig, wie unser Meer, voraus und geht von der Attraktions- und Zentrifugalkraft aus. Sein Resultat ist folgendes: »Die Gestalt des Mondes muss ein Sphäroid sein, und seine grosse Axe übertrifft die Rotationsaxe um 186 Fuss«. Die Verlängerung findet sich hieraus zu 0.000016 des Durchmessers.

Lagrange spricht in seiner Abhandlung über die physische Libration des Mondes die Ansicht aus, dass der Mond nicht sphärisch, und seine grösste Axe nach der Erde zu gerichtet ist. Nach Lagrange ist der Wert der Verlängerung des Mondes nach der Erde zu 0.0003.

Einen noch kleinern Wert für diese Verlängerung ergiebt die Theorie der Flut von Laplace, nämlich 0.000075.

Im Gegensatze zu diesen aus der Theorie folgenden kleinen Werten stehen die folgenden grossen Werte.

Am 10. November 1854 unterbreitete Hansen der Königlichen astronomischen Gesellschaft zu London eine Arbeit: »Über die Figur des Mondes«, welche im 24. Bande der Abhandlungen dieser Gesellschaft veröffentlicht ist. Hansen findet, dass der Mittelpunkt der Figur des Mondes nicht mit dem Schwerpunkte zusammenfällt, sondern dass letzterer um 59000 Meter weiter von uns entfernt ist, als ersterer. Es wäre also der Mond in Bezug auf seinen Schwerpunkt nach der Erde zu sogar um 3.4 Prozent verlängert.

Durch Hansen veranlasst, beschäftigte sich Gussew mit diesem Probleme und legte am 14. Oktober 1859 der Akademie der Wissenschaften in Petersburg eine diesbezügliche Arbeit vor. Gussew gelangt zu ähnlich grossen Werten, nämlich zu Verlängerungen des

[1]) Mittlgn. d. Kgl. Univ.-Sternwarte zu Breslau 1901. 1. p. 5ff.

Mondes bis zu 7 Prozenten. Seine Methode beruht auf dem Prinzip der Perspektive. Durch Messung der Lage einiger Krater an zwei Mondphotogrammen verschiedener Libration ermittelte er ihre Entfernung vom Mittelpunkte des Mondkörpers und damit die Verlängerung desselben. Doch da er die Zeiten, zu welchen der Mond photographiert wurde, nicht genau kannte, sondern nur die Tage, so verliert sein Resultat an Gewicht, denn die optische Libration ändert sich so stark, dass eine ebenso wahrscheinliche andere Annahme der Aufnahmezeit, als Gussew gemacht hat, die Verlängerung Null ergeben würde.

Neun Jahre später veröffentlichte Kayser in den Astronomischen Nachrichten Bd. 73 eine Arbeit über die Gestalt des Mondes. Er findet eine Verlängerung um 3.0 Prozent. Leider beruht dieses Resultat nur auf Messung einer Sichelbreite im Mondäquator. Bedenkt man ferner, dass die Lichtgrenze sich bei der Messung nicht scharf genug auffassen lässt, so kann man wohl annehmen, dass sich Beobachtungsfehler eingeschlichen haben werden, deren Einfluss auf das Endresultat von Bedeutung ist.

Im 22. Jahrgange der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich befindet sich eine Abhandlung über die Verlängerung des Mondes von A. Beck. Aus dem Unterschiede der beobachteten selenographischen Koordinaten von Mondkratern für die Mondkugel und der für ein Mondellipsoid berechneten findet er eine Verlängerung von $+ 0{,}021 \pm 0.012$. Er benutzt die gemessenen Längen und Breiten von vier Mondkratern, wie sie im Werke: »Der Mond nach seinen kosmischen und individuellen Verhältnissen oder allgemeine, vergleichende Selenographie von W. Beer und Dr. J. H. Maedler 1837«, angegeben sind. Der Verfasser legt, wie er am Ende sagt, keinen grossen Wert auf die Sicherheit seines gefundenen Resultates.

Im 38. Bande der Astronomischen Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte veröffentlichte Prof. Dr. J. Franz eine Untersuchung: »Über die Figur des Mondes«. Die resultierende Grösse der Verlängerung des Mondkörpers nach der Erde zu beträgt $+ 0.001\,14 \pm 0.003\,90$. Die Arbeit stützt sich, wie die Gussews, auf das Prinzip der Stereoskopie. Zur Messung der Entfernung der Mondkrater wurden Mondphotogramme der Licksternwarte benutzt.

Von den Arbeiten über die Gestalt des Mondes, welchen Messungen zu Grunde liegen, erweckt, wenn man die Art der Messung in Betracht zieht, wohl die Untersuchung von Prof. Franz das meiste Vertrauen. Denn Messungen am Monde, die mit einem Fadenmikrometer gemacht sind, sind bedeutend grössern Beobachtungsfehlern ausgesetzt, als die an Mondphotogrammen mit Hilfe des Ausmessens photographischer Platten. Hierzu kommt, dass die Photographien im Fokus des 36-zölligen Refraktors der Licksternwarte, also mit den besten Mitteln in grossem Massstabe hergestellt sind.

Das Resultat dieser Arbeit, dass die Verlängerung kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler, also unmerklich ist, stimmt mit der Theorie überein.

Dr. Mainka bespricht nun speziell die Art und Weise der Anordnung der Heliometerbeobachtungen zur Bestimmung der Sichelbreite des Mondes, leitet die Formeln zur Berechnung der Beobachtungen aus der günstigsten Zeit der letztern ab und giebt schliesslich die von ihm gefundenen Resultate. Es ergiebt sich, dass sowohl positive als negative Werte für die Verlängerung auftreten. Befindet sich an der Berührungsstelle eine Gegend, welche sich über das durchschnittliche Niveau des Mondes erhebt oder unter dasselbe vertieft ist, so wird der aus dieser Messung der Sichelbreite hervorgehende Wert für die Verlängerung ε zu einer andern Ellipse gehören. Die erhaltenen Werte für ε zeigen also gewissermassen an, um wie viel die gerade in Rücksicht zu nehmende Gegend der Mondoberfläche über oder unter der Oberfläche des als Kugel vom Radius b angenommenen Mondkörpers liegt.

Wenn so auch die erhaltenen Werte für ε eigentlich streng genommen verschiedenen Punkten der Mondoberfläche angehören, so kann doch aus ihnen ein Mittelwert genommen werden. Es liegen 15 Beobachtungen vor, welche Prof. Dr. Franz mit dem Königsberger Heliometer gemacht hat, und 6 Messungen, welche Verf. mit dem Breslauer Heliometer gemacht hat.

Kombiniert man nun diese beiden Beobachtungsreihen derart, dass jede Königsberger Beobachtung doppeltes Gewicht bekommt, so erhält man als endgültigen Wert für die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu folgenden: $\varepsilon = + 0.004 \pm 0.013$ w. F.

Dieser Wert von ε ist kleiner als sein wahrscheinlicher Fehler, ist also unmerklich klein. Es bestätigt dies genau das von Franz gefundene Resultat, bei welchem auch der wahrscheinliche Fehler grösser als der Wert selbst ist.

Aus diesem Endwerte geht hervor, dass der Mondkörper nach der Erde zu sehr wenig verlängert ist; es ist dies aber nicht so aufzufassen, als ob der Mond etwa eiförmig nach der Erde zugespitzt wäre. Betrachtet man die einzelnen Messungsergebnisse, so findet sich vielmehr, dass neben Erhebungen in der Umgebung des Mondscheitels (des Punktes, dessen selenographische Länge und Breite Null sind) auch Vertiefungen vorkommen. Der obige endgültige Wert für ε ist als Durchschnittswert für die Erhebung der Mondoberfläche über die Kugelfläche in der Nähe des Mondscheitels anzusehen.

Diese Untersuchung hat also eine Grösse der Verlängerung des Mondkörpers ergeben, welche mit den Resultaten von Hansen, Gussew, Kayser gar nicht übereinstimmt. Während nach der Berechnung der letztern der Mond sich als stark verlängert ergiebt, sagt das obige Ergebnis aus, dass die Verlängerung des Mondes unmerklich

klein ist, kleiner als ihr wahrscheinlicher Fehler. Es bestätigt die minimalen Werte, welche die theoretischen Untersuchungen und die Arbeit: »Über die Figur des Mondes«, von Prof. Dr. Franz geben.

Die allgemeinen Niveauverhältnisse der Mondoberfläche.

Alle Höhenmessungen der Mondberge können bekanntlich nur auf die Umgebung bezogen werden und sind unmittelbar nicht mit einander vergleichbar. Sonach ist es auch unmöglich, ohne weiteres die Niveauverhältnisse der einzelnen Mondlandschaften zu einander zu beurteilen, obgleich dem erfahrenen Mondbeobachter nicht entgehen kann, dass gewisse Regionen der Mondoberfläche höher oder tiefer liegen müssen als andere Partien. So z. B. wird kein Mondbeobachter darüber im Unklaren sein, dass das Mare Serrnitatis eine tiefe Region der Mondoberfläche im Verhältnisse zum Mare Tranquillitatis bezeichnet, ob aber Plato weiter vom Mondmittelpunkte absteht als etwa Agrippa, lässt sich unmittelbar nicht entscheiden.

Erst die Untersuchungen, welche Prof. Julius Franz, gegenwärtig Direktor der Sternwarte in Breslau, auf der Königsberger Sternwarte über die Figur des Mondes angestellt hat, haben in dieser Beziehung bestimmte Resultate ergeben. In der naturwissenschaftlichen Sektion der Schlesischen Gesellschaft zu Breslau hat nun Prof. Franz eine Übersicht über seine bezüglichen Arbeiten gegeben.

Bei der Entstehung des jetzt völlig erstarrten Mondes aus flüssigem und plastischem Materiale musste dieser Himmelskörper, abgesehen von den lokalen Störungen, welche Ursachen der Gebirgsbildung wurden, eine Gleichgewichtsfigur im mathematischen Sinne annehmen. Die Anziehung der eigenen Massenteilchen, zweitens die Rotation und drittens die von der Erde erzeugte stehende Flut mussten dem Monde die Gestalt eines dreiaxigen Ellipsoides verleihen.

Die Abplattung an den Polen ist, wie die langsame, in gleicher Zeit wie der Umlauf sich vollziehende Axendrehung erwarten lässt, und wie direkte Messungen des Umrisses der Mondscheibe bestätigt haben, unmerklich klein und verschwindet völlig gegen die durch Gebirge hervorgerufenen Unregelmässigkeiten des Randes.

Schwieriger ist die Frage nach der Verlängerung des Mondes auf die Erde zu infolge der Flut zu beantworten. Und doch musste Prof. Franz sie lösen, da er an die Aufgabe gehen wollte, die selenographischen Längen und Breiten der hauptsächlichsten Mondkrater zu bestimmen, und vorher zu entscheiden war, ob sich die Rechnungen auf ein Ellipsoid oder eine Kugel beziehen müssten. Über die fragliche Verlängerung des Mondes bestand bisher eine so grosse Unsicherheit, wie kaum auf einem andern Gebiete der Astronomie. Denn einerseits hatten ältere, aber wenig zuverlässige Untersuchungen aus der Mitte des 19. Jahrhunderts von Hansen, Gussew und Beck eine erhebliche Verlängerung von 3—7% des Radius ergeben, anderseits deutet die Theorie der Flut und die der

physischen Libration darauf hin, dass diese noch nicht 0.1 % betragen kann. Die vorliegende Frage ist dadurch schwierig, dass der Mond der Erde fast immer dieselbe Seite zuwendet, wir also sein Antlitz fast immer »en face« sehen und daher die Relieferhöhungen nicht erkennen können, während die Frage leicht zu lösen wäre, wenn der Mond sozusagen im Profil sich zeigte, d. h. von einem Punkte der Bahntangente aus betrachtet werden könnte. Könnte man wenigstens von zwei genügend voneinander entfernten Standpunkten aus den Mond zugleich betrachten, so würde man ein stereoskopisches Bild erhalten, in dem sein Relief hervorträte.

Nun zeigt aber der Mond vermöge der als Libration bekannten Schwankungen nacheinander sich ein wenig mehr von der einen und der andern Seite. Vereinigt man daher zwei photographische Bilder desselben, die zu Zeiten verschiedener Libration aufgenommen sind, unter einem Stereoskop, so erhält man ein plastisches, körperliches Bild. Solche Stereogramme hat Warren de la Rue schon hergestellt.

Um zu sichern Resultaten zu gelangen, muss man das stereoskopische Sehen durch Messung und Rechnung an zwei kombinierten Bildern verschiedener Libration ersetzen.

Die Libration oder Winkeldrehung, die der Mondkörper zum Übergange von einem Bilde auf das andere erfordert, lässt sich astronomisch berechnen, ebenso die zugehörige Verschiebung eines Punktes der Mondoberfläche, etwa eines Kraters, wenn der Mond kugelförmig wäre. Diese Verschiebung wächst aber bei gleichbleibender Winkeldrehung offenbar mit der Entfernung des Kraters vom Mondschwerpunkte, also mit der Verlängerung des Mondkörpers, und kann also zur Bestimmung derselben dienen. Dies ist das Prinzip, das der Untersuchung zu Grunde liegt.

Die Licksternwarte auf dem Mount Hamilton in Kalifornien hat, im Fokus ihres grossen Refraktors mit 36 Zoll Objektivöffnung, vorzügliche Mondphotogramme von 14 *cm* Durchmesser auf Glasplatten aufgenommen und die Negative an Prof. Franz zur Ausmessung gesandt. Derselbe hat sieben Kombinationen von fünf Platten benutzt und sie mit einem von der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften ihm bewilligten Koordinatenmessapparat von der Firma J. Repsold & Söhne in Hamburg vermessen. Dieser Apparat ist in Band 38 der »Astronomischen Beobachtungen auf der Königl. Universitätssternwarte zu Königsberg i. Pr.« beschrieben.

Die Verlängerung des Mondes nach der Erde zu ergab sich stets klein, und zwar infolge der durch die Unebenheiten des Mondrandes hervorgerufenen unvermeidlichen Fehler in der Bestimmung des Mittelpunktes der Mondscheibe, teils positiv, teils negativ, im letztern Falle also als Verkürzung. Der Mittelwert für die Verlängerung ist $+ 0.00114 \pm 0.00390$ wahrscheinlicher Fehler in Teilen des Radius. Da diese Verlängerung von etwa 1 pro Mille



kleiner ist, als ihr wahrscheinlicher Fehler, so ist ihr Wert zwar nicht zu verbürgen, aber man erkennt aus dem wahrscheinlichen Fehler, dass der Wert nicht mehrere Prozente betragen kann, sondern in Übereinstimmung mit der Theorie der Flut und der physischen Libration unmerklich klein und verschwindend gegen die Gebirgserhebungen ist. Man kann also den Mond praktisch als kugelförmig betrachten. Und doch muss eine kleine Verlängerung vorhanden (oder mathematisch genauer ausgedrückt, das Trägheitsmoment des Mondes um die der Erde zugewandte Axe das kleinste) sein, denn sonst könnte nachweislich das Phänomen der Libration nicht bestehen, vermöge dessen der Mond der Erde immer dieselbe Seite zuwendet.

Zugleich wurden für folgende 62 Krater Angaben ihrer Entfernung vom Mondschwerpunkte gefunden. Den Namen der Krater folgt die selenographische Länge λ und Breite β, die Erhebung in Einheiten der 5. Dezimalstelle des Mondhalbmessers und die Anzahl der Bestimmungen.

Krater	λ	β	Erhebung	Anzahl	Krater	λ	β	Erhebung	Anzahl
	°	°				°	°		
Grimaldi A	−71	− 5	− 41	1	Sinus Medii B.	+ 0	1	+ 1	2
Pythagoras A.	−63	+63	−112	1	Triesnecker A	+ 1	+ 4	+ 47	7
Damoiseau D	−62	− 7	−110	1	Airy Randkr.	+ 5	−18	+ 43	1
Grimaldi f	−57	− 1	−147	1	Rhäticus A	+ 5	+ 1	− 91	2
Fourier C	−51	−29	+ 47	2	Hyginus	+ 6	+ 8	− 88	3
Flamsteed d	−45	− 3	−299	2	Hipparch E	+ 7	− 3	+127	2
Gassendi z	−43	−16	− 43	2	Manilius D	+ 7	+13	− 13	2
Sharp A	−43	+48	−109	1	Boscovich A	+11	+ 9	+193	4
Encke E	−40	0	−144	2	Linné c	+11	+30	− 38	2
Mare Hum. I	−37	−22	+ 81	2	Linné	+12	+27	−201	2
Weigel A	−35	+57	+ 20	2	Silberschlag a.	+13	+ 7	− 1	2
Landsberg A	−31	0	−134	2	Dionys A	+15	+ 4	+131	1
Landsberg d	−30	− 2	−136	1	Menelaus	+15	+16	− 30	1
Laplace A	−27	+43	−182	1	Bessel e	+15	+20	− 74	2
Landsberg	−26	0	− 40	2	Sacrobosco A	+16	−24	+129	1
Lubiniezky C	−26	−14	+115	2	Buch γ	+18	−40	+123	1
Gambert A	−19	+ 1	− 32	2	Büsching C	+20	−37	+ 59	1
Heinsius α	−17	−40	+129	2	Ross A	+20	+11	+120	2
Parry A	−16	− 9	+124	2	Taquet A	+20	+14	+172	1
Mare Imbr. D	−16	+33	−171	1	Bergspitze	+23	−47	+ 56	1
λ — 15.5°, β 20°	−15	+20	−102	1	Lacus Mort. B.	+23	+43	+ 14	2
Gambart B	−12	+ 2	−121	2	Nicolai A	+24	−42	+ 95	1
Lalande A	−10	− 7	+ 17	2	Plinius A	+27	+16	− 91	2
Thebit B	− 9	−22	+ 60	2	Jansen	+28	+13	+107	2
Mösting c	− 8	− 2	− 119	2	Baily A	+30	+49	+ 18	2
Mösting A	− 5	− 3	+ 3	5	MareTransqu.A	+38	+10	+172	1
Alphonsus *A*	− 3	−13	□ 61	2	Macrobius a	+40	+20	− 91	2
Herschel c	− 3	− 5	+130	2	Fabricius K	+42	−46	+ 28	1
Bode	− 2	+ 7	+177	2	Anonymus	+45	−53	− 22	1
Bode A	− 1	+ 9	+ 84	1	Tralles A	+47	+27	− 33	1
Ptolemaeus A.	− 1	− 9	− 20	3	Taruntius A	+50	+ 7	+ 1	1

Obwohl die so erhaltenen Erhöhungen und Vertiefungen der Krater in Bezug auf ein kugelförmiges Normalniveau oft mehr von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern abhängen, als sie der Wirklichkeit entsprechen, so erkennt man doch deutlich, dass zweifellos ganze Gebiete der Mondoberfläche, besonders an der Nordseite und im Nordostquadranten, wo sich die meisten »Meere« und der Oceanus procellarum befinden, eine zusammenhängende Depression unter das Normalniveau bilden, während anderseits die Südseite und besonders der stark gebirgige Südostquadrant sich merklich über das Normalniveau erheben.«

Prof. Franz hat nach den gefundenen Zahlenwerten eine farbige Höhenschichtenkarte für das Durchschnittsniveau des Mondes mit Isohypsen von 70 zu 70 Einheiten entworfen (Tafel I), die schon dadurch von Interesse erscheint, dass sie die erste ihrer Art ist und zugleich zeigt, auf welche Weise man dahin kommen kann, ein förmliches Nivellement des Mondes nach Analogie der geodätischen Nivellements auszuführen. Diese Abbildung enthält nahe der Mitte der Mondscheibe Verbesserungen gegen die in Bd. 38 der Königsberger Beobachtungen veröffentlichte Figur.

Die Kometen.

Die Kometenerscheinungen des Jahres 1900. Prof. H. Kreutz hat, ähnlich wie in frühern Jahren, auch für dieses Jahr eine Zusammenstellung derselben gegeben,[1]) der folgendes entnommen ist.

Holmesscher Komet 1899 II. Perrine auf der Lickstemwarte hat den lichtschwachen Kometen noch bis 1900 Jan. 20 verfolgen können, so dass die gesamte Beobachtungszeit sich auf $7^1/_3$ Monate erstreckt.

Komet 1900 I, entdeckt 1900 Jan. 31 von Giacobini in Nizza in 3^h AR und -8° Dekl. als eine schwache Nebelmasse 11. Grösse, die in der von der Sonne abgewandten Richtung einen Schweifansatz von $1^1/_2{}'$ Länge zeigte. Der Durchmesser der Nebelmasse betrug ca. 1'; in der Mitte zeigte sich ein Kern 13. Grösse, der mitunter doppelt zu sein schien. Der Komet stand noch drei Monate von seinem Perihel entfernt; gegen Ende März verschwand er in den Sonnenstrahlen, wurde aber nach dem Perihel Ende Mai wieder aufgefunden und konnte noch längere Zeit hindurch in günstiger Stellung am Himmel beobachtet werden. Perrine auf der Lickstemwarte stellte am 23. März die letzte Beobachtung vor dem Perihel und am 25. Mai die erste Beobachtung nach demselben an. Die Beobachtungen schliessen mit einer Ortsbestimmung desselben Beobachters am 22. Juli. Der Komet ist zu allen Zeiten ein schwaches Objekt geblieben und hat auch sonst keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten dargeboten.

---

[1]) Vierteljahrsschr. d. Astron. Gesellschaft 1901. **36.** p. 62.

A. Berberich hat aus drei Beobachtungen, Febr. 3, 17, 22, die folgende Bahn abgeleitet, welche zur Verfolgung für die ganze Beobachtungszeit ausgereicht hat.

$$\begin{aligned} T &= 1900 \text{ April } 28\overset{d}{.}94314 \text{ M. Z. Berlin} \\ \omega &= 24^\circ\ 21'\ 27.1'' \\ \Omega &= 40\ \ 22\ \ 30.9 \\ i &= 146\ \ 27\ \ \ 9.8 \\ \log q &= 0.124458 \end{aligned} \Bigg\}\ 1900.0$$

Komet 1900 II wurde in den Morgenstunden des 23. Juli 1900 von Borrelly in Marseille und von Brooks in Geneva N. Y. in 3^h AR und $+\ 12^\circ$ Dekl. aufgefunden. Der Komet stand an der Grenze der Sichtbarkeit mit blossem Auge; in der Mitte der Nebelhülle von 1′ bis 2′ Durchmesser zeigte sich ein sternähnlicher Kern 9.—10. Grösse, der am 24. Juli auf der Licksternwarte als doppelt erkannt, anderwärts aber und an den nächsten Tagen auch auf Mount Hamilton nur verlängert gesehen wurde. Ein 10—12′ langer Schweif war vorhanden; auf einer von Palmer auf der Licksternwarte am 25. Juli aufgenommenen Photographie konnte derselbe bis zu einer Länge von 6° verfolgt werden. Bemerkenswert ist noch, dass Brooks am 26. Juli um 13^h zwei Seitenschweife, die symmetrisch zum Hauptschweife lagen und mit ihm einen Winkel von 30° bildeten, erkennen konnte. Nach zwei Stunden waren sie verschwunden und sind auch später nicht wieder gesehen worden. Periheldurchgang, Aug. 3, und Erdnähe, Juli 31, fanden eine Woche nach der Entdeckung statt, so dass der Komet zunächst noch seine ursprüngliche Helligkeit beibehielt. Später verblasste derselbe auffallend rasch; am 11. August besass er nur noch die Helligkeit eines Sternes $9^1/_2$ ter Grösse mit einem scharfen runden Kerne 11. Grösse und war Mitte Oktober bereits bis auf die 11.—12. Grössenklasse herabgesunken. Spätere Angaben über die Helligkeit liegen noch nicht vor. Die Stellung am Himmel war für die Beobachter auf der Nordhalbkugel ausserordentlich günstig, indem der Komet immer mehr in nördlichere Deklinationen hinaufstieg. Am 25. Aug. stand er nur mehr 4° vom Pole entfernt, ging dann wieder nach Süden, um gegen Ende Oktober bei einer Deklination von $+\ 66^\circ$ abermals nach Norden aufzusteigen. Wie weit die Beobachtungen sich erstreckt haben, ist zur Zeit noch nicht bekannt; von den veröffentlichten Ortsbestimmungen ist die am 25. Oktober auf der Sternwarte in Bordeaux angestellte die letzte gewesen.

Die folgenden Elemente sind von Dr. A. Scheller und A. Wedemeyer aus drei Beobachtungen, Juli 24, 31 und August 7, abgeleitet worden.

$$\begin{aligned} T &= 1900 \text{ Aug. } 3.23651 \text{ M. Z. Berlin} \\ \omega &= 12^\circ\ 25'\ 34.8'' \\ \Omega &= 328\ \ \ 0\ \ 26.2 \\ i &= 62\ \ 30\ \ 44.0 \\ \log q &= 0.006383 \end{aligned} \Bigg\}\ 1900.0$$

Komet 1900 III (Giacobini), entdeckt von Giacobini in Nizza am 20. Dezember 1900 in 23^h AR und —22° Dekl. Die Helligkeit war gering, 10.—11. Grösse; der Durchmesser der Nebelhülle, in deren Mitte ein sternähnlicher Kern 12. Grösse stand, betrug 1′. Da der Periheldurchgang schon nahe einen Monat verstrichen war, und auch die Entfernung von der Erde zunahm, wurde der Komet bald wesentlich schwächer, so dass er Mitte Januar in mittlern Fernrohren nur noch mit Schwierigkeit beobachtet werden konnte. Ob der Komet zur Zeit noch sichtbar ist, ist mir nicht bekannt.

Die von H. Kreutz aus drei Beobachtungen Dez. 24, 28, und Jan. 14, abgeleiteten provisorischen Elemente lauten:

$$
\begin{aligned}
&\text{Epoche 1901 Jan. 14.5 M. Z. Berlin}\\
M &= 6^\circ\ 45'\ 47.0''\\
\omega &= 171\ \ 29\ \ 10.6\\
\Omega &= 196\ \ 32\ \ 33.8 \quad \text{1901.0}\\
i &= 29\ \ 52\ \ 16.9\\
\mu &= 47\ \ 52\ \ 35.5\\
\varphi &= 515.914''\\
\log a &= 0.558287\\
T &= \text{1900 Nov. 28.308 M. Z. Berlin}\\
U &= \text{6.88 Jahre.}
\end{aligned}
$$

Der Komet gehört zu der Klasse der Kometen mit kurzer Umlaufszeit und zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Wolfschen Kometen und dem Kometen 1892 V. Anderseits ist auch eine Ähnlichkeit mit der Bahn des Kometen 1857 IV, für den A. Möller eine Umlaufszeit von 235 Jahren abgeleitet hat, unverkennbar.

Nicht aufgefunden sind im Jahre 1900 die Kometen 1894 IV (E. Swift-de-Vico), 1884 II (Barnard) und Brorsen. Bei dem erstgenannten Kometen ist die Nichtauffindung durch die ungünstige Gestaltung der Bahn, welche derselbe seit 1894 durch Jupiter erlitten hat, völlig erklärbar; der Komet wird zunächst als verloren betrachtet werden müssen. Beim Kometen 1884 II (Barnard) war die theoretische Lichtschwäche in dieser Erscheinung so gering, dass in Verbindung mit der Unsicherheit der Bahn die Auffindung von vornherein als unwahrscheinlich anzusehen war. Dagegen hätte der Brorsensche Komet im Winter 1900—1901, ebenso wie 1889—1890, unbedingt gefunden werden müssen, wenn er noch vorhanden wäre oder wenigstens auch nur annähernd die Helligkeit der frühern Erscheinungen beibehalten hätte. Es wird sich kaum lohnen, die zukünftigen Erscheinungen desselben noch im voraus zu berechnen.

Das System der Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II.

Schon seit einer Reihe von Jahren beschäftigt sich Professor H. Kreutz in Kiel mit einer möglichst erschöpfenden Untersuchung über die Bahnen der oben genannten Kometen und deren etwaige Beziehungen zu einander. Die frühern Ergebnisse, zu welchen Prof. Kreutz gekommen, wurden bereits an dieser Stelle behandelt nunmehr hat er auch den Schluss seiner bezüglichen

Untersuchungen publiziert [1]) und dieser Abhandlung noch einige Untersuchungen beigefügt über andere Kometen, bei denen die Möglichkeit, dass sie eine ähnliche Bahn beschrieben haben, vorliegt. Da es sich um eine erschöpfende Untersuchung handelt, welche den Gegenstand auf absehbare Zeit zum Abschluss bringt, muss an diesem Orte etwas näher darauf eingegangen werden.

Der Komet 1843 I. Prof. Kreutz giebt zunächst eine Übersicht über die Sichtbarkeitsverhältnisse desselben. Der Komet ist mit Sicherheit zuerst in den Tagesstunden des 28. Februar, einen Tag nach dem Periheldurchgange, in einer Entfernung von mehrern Graden von der Sonne wahrgenommen worden. »In Europa ist wegen der fast allgemein herrschenden Bewölkung die Sichtbarkeit leider auf wenige Orte Nord- und Mittelitaliens beschränkt geblieben. Wenn gegen die direkten Sonnenstrahlen hinter einer Mauer Schutz gesucht wurde, konnte der Komet bequem mit blossem Auge südöstlich von der Sonne als weisse Wolke, deren hellster Teil gegen die Sonne gerichtet war, erkannt werden. Allgemein ist die Sichtbarkeit am 28. Februar in Nordamerika gewesen. Besonders aus den Staaten Neu-Englands sind zahlreiche Berichte eingelaufen, die Zeugnis ablegen von dem grossen Aufsehen, welches der Komet an allen Orten erregt hat. Die Beschreibung, welche ein Beobachter in Woodstock, Vt., vom Aussehen des Kometen in einem dreifüssigen Fernrohre giebt, erinnert lebhaft an die Zeichnung, welche Gill am Kap der guten Hoffnung vom Kometen 1882 II am 18. Sept. 1882 anfertigte.

Nach dem Periheldurchgange ist der Komet mehrere Wochen hindurch am Abendhimmel eine glänzende Erscheinung gewesen. In den Tropen wurde der Schweif des Kometen allgemein am 2. März, an einigen Orten schon in den Abendstunden des 28. Februar und des 1. März, bemerkt, während der Kern sich noch unter dem Horizonte befand. Der letztere wurde erst, nachdem er sich genügend von der Sonne entfernt hatte, am 4. und 5. März sichtbar. Auf der Sternwarte am Kap ist der Komet vom 4. März an eifrig verfolgt worden; die dort angestellten, leider erst 1851 publizierten Beobachtungen bilden einen sehr wichtigen Beitrag zur Bahnbestimmung. Auf der Nordhalbkugel waren die Beobachtungsverhältnisse viel weniger günstig als auf der südlichen. Zudem herrschte speziell in Europa eine längere Periode trüben Wetters. die mit wenigen Ausnahmen — Franzini in Lissabon fand den Kometen schon am 8., Cooper in Nizza am 12. März — die Auffindung erst am 17. März gestattete. Auch zu dieser Zeit war der Schweif des Kometen noch ungewöhnlich lang, ca. 50°; im Gegensatze hierzu stand der unscheinbare. sich wenig durch Helligkeit auszeichnende Kopf, der, wie Bessel sich ausdrückt, den grössten Teil seiner Materie zur Bildung des glänzenden Schweifes verwandt zu haben schien. Auch erhob sich der Kopf, selbst unter den günstigsten Sichtbarkeitsverhältnissen, nur wenige Grade über den Horizont, so dass schon aus diesem Grunde die Ortsbestimmungen wesentlichen Unsicherheiten unterliegen mussten. Wie bei den meisten sonnennahen Kometen, die einen schwachen Kern zeigen, verblassten auch hier Kern und Schweif auffallend rasch; Ende März war der Komet noch ein ziemlich auffallendes Objekt, und schon am 15. April konnte im grossen Berliner Refraktor seine Existenz nur noch geahnt werden. Auch auf der südlichen Halbkugel schliessen mit Kap April 18 und 19 die Beobachtungen des Kometen.

Die Bahn des Kometen hat von Anfang an wegen der kleinen Periheldistanz ein ungewöhnliches Interesse erregt. Dazu kam noch, dass die Erscheinung des Kometen eine unverkennbare Ähnlichkeit mit der des Kometen 1668 zeigte, und dass schon sehr früh erkannt wurde, dass zur Darstellung

[1]) Astron. Abhandl. als Ergänzungsheft der Astron. Nachr. Herausgegeben von Prof. Dr. H. Kreutz. No. 1. Kiel 1901.

der rohen Beobachtungen des letztgenannten Kometen die Bahn von 1843 I vollständig genügte. Nachdem ferner Nikolai gezeigt hatte, dass die Beobachtungen des Kometen 1843 I von März 20—30 sich ebenso gut durch eine Ellipse von 175 Jahren wie durch eine Parabel darstellen liessen, fand die Voraussetzung der Identität beider Kometen immer mehr Anhänger. Nur dadurch wurde die Sache verwickelter, dass auch andere unvollkommen beobachtete Kometen aus dem Ende des 17. Jahrhunderts, wie 1689, 1695 und 1702 a, in ihrer Erscheinung ebenfalls Ähnlichkeiten mit 1843 I zeigten. Infolgedessen sind auch die Annahmen über die Umlaufszeit des Kometen 1843 I recht verschiedene gewesen. Mit Ausnahme aber von Boguslawski, der die Identität mit 1668 ganz fallen liess und, um 1695 und einige ältere Kometen, wie 1106 und — 371 mit 1843 I zu identifizieren, U = 147.9 a annahm, haben alle Berechner aus den 40er Jahren die Identität mit 1668 festgehalten und ihren Rechnungen U = 175 a oder einen Teil dieser Umlaufszeit zu Grunde gelegt. Auf diese Weise sind die Umlaufszeiten U = 175 a (Nikolai u. a.), U = 35.1 a (Laugier und Mauvais), U = $21^7/_8$ a (Plantamour, Peirce) und U = 7 a (Cappocci) entstanden, je nachdem man nur den Kometen 1668 oder ausser diesem noch einen oder mehrere der oben genannten als vorangegangene Erscheinungen des Kometen 1843 I auffasste. Eine direkte Bestimmung der Exzentrizität erwies sich, da zunächst nur die Beobachtungen der nördlichen Halbkugel vorlagen, als ausgeschlossen; die dahin zielenden Versuche — Encke und Walker fanden eine Hyperbel, Gould eine Umlaufszeit von $189^1/_2$ a, Clausen gar eine von 6.36 a — sind nur als Rechnungsresultate aufzufassen.

Alle die soeben angeführten Rechnungen stützen sich nur auf einzelne Beobachtungen des Kometen; auch nehmen sie nur ganz vereinzelt auf die wichtigen Tagesbeobachtungen vom 28. Februar Rücksicht. Es war daher ein bedeutender Fortschritt, als J. S. Hubbard sieben Jahre nach der Erscheinung des Kometen eine definitive Bearbeitung der Bahn auf Grund des gesamten Beobachtungsmateriales unternahm. Noch während er mit seinen Rechnungen beschäftigt war, wurden die wichtigen Kap-Beobachtungen publiziert, so dass auch diese für den Charakter der Bahn eigentlich ausschlaggebende Reihe benutzt werden konnte. Hubbard hat seine Rechnungen in Vol. I und II des Astron. Journals veröffentlicht; es möge hier genügen, anzuführen, dass die Resultate in zwei Elementensystemen gipfeln, von denen das eine, mit VI bezeichnet, aus allen Beobachtungen das zweite, VII, nur aus den Tages- und den Fadenmikrometerbeobachtungen abgeleitet ist. Das letztere ist jedenfalls vorzuziehen, da bei dem erstern sämtliche Beobachtungen, auch die schlechtesten, mit gleichem Gewichte kritiklos benutzt worden sind. Die Darstellung der Elemente als Funktionen der Exzentrizität zeigte ferner die wichtige Thatsache, dass die Hypothese der Identität des Kometen 1843 I mit 1668 durch die Beobachtungen des erstern nicht unterstützt wird.

Mit der Untersuchung von Hubbard schien zunächst das Interesse am Kometen 1843 I ziemlich erschöpft zu sein; es lebte aber wieder auf, als im Jahre 1880 der Komet 1880 I erschien, der sowohl im Aussehen wie in seiner Bahn eine frappante Ähnlichkeit mit dem Kometen 1843 I zeigte. Die alten Versuche, für den Kometen 1843 I eine kurze Umlaufszeit anzunehmen, wurden von neuem wieder aufgenommen und sowohl Weiss in Wien wie Meyer in Genf glaubten, in den Beobachtungen des Jahres 1843, wenn auch nicht gerade eine Bestätigung, so doch keinen Widerspruch gegen eine Umsaufszeit von 37 Jahren finden zu können. Einmal aus diesem Grunde, sodann aber auch, weil das Beobachtungsmaterial des Kometen 1843 I eine erheblich bessere Ausnutzung, als wie ihm Hubbard zu teil werden liess, gestattet, entschloss sich Prof. Kreutz, die Untersuchungen über die Bahn dieses Kometen wieder aufzunehmen und sie unabhängig von den frühern Bearbeitungen durchzuführen. Seine Resultate

sind im wesentlichen eine Bestätigung der Untersuchungen Hubbards und führen wie diese zu einer Widerlegung der Annahme einer kurzen Umlaufszeit für den Kometen. Die Störungen durch die Planeten sind von ihm ausser Acht gelassen worden, da sie an sich sehr gering sind und während der kurzen Beobachtungszeit die Bahn des Kometen nur ganz unwesentlich haben ändern können.

Die definitiven Bahnelemente, zu denen Prof. Kreutz gelangte, sind:

Zeit des Perihels 1843 Februar 27.4481965 $\pm$ 0.0012040
mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{array}{l} \omega = 82^\circ\ 38'\ 2.46'' \pm 216.1'' \\ \Omega = 1\ \ 19\ \ 51.20 \pm 264.6 \\ i = 144\ \ 20\ \ 4.25 \pm 32.7 \end{array}\right\} 1843.0$$

$$\log q = 7.7425105 \pm 0.0012730$$
$$e = 0.9999137 \pm 0.0000076$$
$$a = 64.033 \pm 5.886$$

Umlaufsdauer = 512.39 $\pm$ 70.75 Jahre.

Prof. Kreutz untersuchte nunmehr zunächst, ob der Komet doch möglicherweise mit dem Kometen 1880 I (dessen Umlaufsdauer zu 36.92 Jahren berechnet ist) identisch sein könne, indem er von einem Werte für die Umlaufszeit ausging, welcher durch die Möglichkeit der Identität mit diesem Kometen bedingt ist und die andern Bahnelemente in möglichst nahem Anschlusse an die Beobachtungen bestimmte. Es fand sich, dass die Beobachtungen nicht unter Annahme einer Umlaufszeit von 37 Jahren dargestellt werden können, und damit ist der strenge Beweis erbracht, dass der Komet 1880 I nicht mit jenem 1843 I identisch sein kann. Eine Prüfung auf etwaige Identität mit dem Kometen 1688 unter Annahme einer Umlaufsdauer von 175 Jahren ergab, dass auch an eine Identität mit diesem nicht gedacht werden kann. Dagegen zeigte die Untersuchung, dass die Annahme einer Umlaufszeit von 800 Jahren, also der nämlichen wie die des Kometen 1882 II, der auch sonst mit dem Kometen 1843 I sehr verwandte Bahnelemente besitzt, die Beobachtungen gut darstellt. Die Möglichkeit, dass beide Kometen eine gleiche Umlaufszeit besitzen, ist daher nicht von der Hand zu weisen. Eine parabolische Bahn des Kometen 1843 I stellt dagegen die Beobachtungen nicht genügend dar. Die Ergebnisse fasst Prof. Kreutz dahin zusammen, dass die Grenzen der Umlaufszeit zwar grösser sind, als der wahrscheinliche Fehler anzeigt, dass aber einerseits eine Identität mit dem Kometen 1668 (oder gar mit 1880 I) und anderseits eine parabolische Bahn als ausgeschlossen angesehen werden muss. Dagegen bleibt die Möglichkeit bestehen, dass der Komet eine gleiche Umlaufszeit wie 1882 II besitzt, und dass die Ähnlichkeit beider Kometen sich mithin auch auf dieses Element erstreckt. Selbstverständlich ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Beobachtungen, aus denen die Bahn des Kometen abgeleitet ist, sämtlich nach dem Perihel liegen. Ob man die so gefundene Bahn auch für diejenige halten will, mit der der Komet in das Sonnensystem eingetreten ist, hängt also wesentlich davon ab, ob man die Möglichkeit einer Störung im Perihel leugnen oder annehmen will. Im letztern Falle würde man, wenn man nicht ganz in der Luft schwebende Hypothesen machen wollte, vor allem an eine durch den Widerstand in der Sonnenatmosphäre herbeigeführte Verminderung der enormen Perihelgeschwindigkeit zu denken haben, welche eine Verminderung der Umlaufszeit zur Folge hätte haben müssen. Wäre der Komet 1843 I schon vor dem Perihel beobachtet worden, so würde die Entscheidung dieser wichtigen Frage viel leichter als bei dem Kometen 1882 II gewesen sein, da hier eine nachweisbare Teilung des Kometenkernes nicht stattgefunden hat, man also auch über die Identifizierung des vor

und nach dem Perihel beobachteten Kernpunktes nicht im Zweifel hätte sein können.

Komet 1880 I. Derselbe wurde zuerst am 1. Februar abends in Montevideo gesehen, vielmehr sein Schweif, der eine Länge von 30 bis 40° zeigte. Der Kopf war damals und an den beiden folgenden Tagen noch in den Sonnenstrahlen verborgen. Schon die ersten, für den Kometen abgeleiteten provisorischen Bahnelemente zeigten eine so frappante Ähnlichkeit mit denen des Kometen 1843 I, dass die Vermutung der Identität beider Himmelskörper nahe liegen musste, zumal auch in der äussern Erscheinung beide Kometen unverkennbare Ähnlichkeiten zeigten. »Man erinnerte sich zugleich der frühern Versuche, den Kometen 1843 I mit ältern Kometen zu identifizieren, übersah aber vielfach dabei den Umstand, dass die Hubbardschen Elemente die zur Identität erforderliche Umlaufszeit von 36.9 Jahren nicht gestatteten.«

Der erste, der diese Frage eingehender behandelte, ist Gould[1]) gewesen. Von der Voraussetzung ausgehend, dass die Übereinstimmung der Elemente die Identität der beiden Kometen 1843 I und 1880 I ausser Frage stelle, sucht er den Einspruch, den die Hubbardschen Elemente dagegen erheben, dadurch zu entkräften, dass er beim Kometen 1843 I ein Nichtzusammenfallen des beobachteten mit dem Schwerpunkte für möglich hält. Durch diese Annahme würden sich die sonst ganz unzulässigen Fehler erklären lassen, die die auf eine Umlaufszeit von 36.9 Jahren umgerechneten Hubbardschen Elemente in den Beobachtungen übrig lassen. Frühere Erscheinungen des Kometen sieht Gould in den Kometen 1668 und 1702 a. Die Verbindung derselben mit 1843 I und 1880 I würde als successive Umlaufszeiten ergeben: 34 Jahre minus einige Tage, 35¼ Jahre und 36 Jahre 11 Monate, so dass eine allmähliche Vergrössernng der Umlaufszeit stattgefunden hätte. Die Unsichtbarkeit des Kometen zwischen 1702 und 1843 würde sich durch die ungünstige Bahnlage des Kometen erklären lassen. Für die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I ist weiterhin Prof. E. Weiss eingetreten.[2]) Weiss leitete zunächst aus drei Beobachtungen des Kometen 1843 I, von März 5, 25 und April 19, eine elliptische Bahn unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 36.9 Jahren ab. Er glaubte zeigen zu können, dass diese Bahn in der mittlern Beobachtung nicht gerade unzulässige Fehler übrig lässt und mit passender Annahme der Perihelzeit auch die Beobachtungen des Kometen 1880 I wenigstens so weit darstellt, dass an einer Identität beider Kometen nicht mehr gezweifelt werden könne. Weiss geht ferner auf die frühern Erscheinungen des Kometen ein und zeigte zunächst, dass die von Boguslawski für den Kometen 1843 I gefundene Periode von 147 Jahren 4 Monaten genau das Vierfache der Umlaufszeit von 36.9 Jahren ist. Die von Boguslawski als frühere Erscheinungen des Kometen 1843 I aufgeführten 16 Kometen würden also auch hier passen, wenngleich Prof. Weiss zugiebt, dass bei den meisten derselben die Angaben viel zu ungenau sind, um sie ohne weiteres mit den sonnennahen Kometen identifizieren zu können.

»In einer Abhandlung: »Über die Kometenerscheinungen von 371 v. Chr., 1668, 1843 I und 1880 I« (Göttingen 1880), stellte W. Klinkerfues die Behauptung auf, dass jeder folgende der genannten vier Kometen die unmittelbare Wiederkehr des vorhergehenden sei. Zur Erklärung der hierbei supponierten Verkürzung der Umlaufszeit von 2039 auf 175 und weiter auf 37 Jahre nimmt er einen Widerstand im jedesmaligen Perihel an, und in der That braucht man für letztern nur eine äusserst minimale Grösse vorauszusetzen, um die gewünschte Verkürzung herbeizuführen. Es ist daher nicht zu leugnen, dass diese Hypothese viel Bestechendes an sich

[1]) Astron. Nachr. No. 2308.

[2]) Astron. Nachr. No. 2308; Sitzb. d. Wiener Akad., Sitzung v. 10. Juni 1880.

hat; leider fällt sie aber dadurch ins Wasser, dass die Beobachtungen des Jahres 1843 nicht, wie Klinkerfues behauptet, durch eine Bahn mit einer Umlaufszeit von 37 Jahren dargestellt werden können. Unter Zugrundelegung einer gleichen Geschwindigkeitsabnahme würde die Umlaufszeit des Kometen nach dem Periheldurchgange im Jahre 1880 auf 17 Jahre 6 Monate gesunken sein, eine Zahl, die, wie von Rebeur-Paschwitz gezeigt hat, sich noch soeben mit den Beobachtungen von 1880 verträgt.«

W. Meyer leitete unter Voraussetzung einer Umlaufszeit von 37 Jahren eine Bahn ab, die sich den Beobachtungen des Kometen 1880 I möglichst anschliesst. »Die übrig bleibenden Fehler sind in der That nicht so gross, dass man eine so kurze Umlaufszeit als unmöglich ansehen könnte. Wenn aber weiter Meyer, nachdem er die Elemente als Funktionen der Exzentrizität dargestellt hat, zeigen will, dass ohne eine beträchtliche Erhöhung des mittlern Fehlers die Umlaufszeit nur zwischen 31.5 und 47.7 Jahren variieren kann, kommt er entschieden zu einem falschen Resultate. Die Unrichtigkeit dieser Behauptung lässt sich, auch ohne die Meyerschen Rechnungen näher zu prüfen, schon daraus erkennen, dass auch eine Parabel zur Darstellung der Beobachtungen genügt, dass man also die Umlaufszeit bis zur Unendlichkeit vergrössern kann, ohne mit den Beobachtungen in Widerspruch zu geraten.

Eine wesentlich andere Ansicht als die bisher genannten Astronomen vertritt von Oppolzer.[1]) Nachdem er vergebens versucht hat, den Einspruch, den die Beobachtungen des Kometen 1843 I gegen eine Umlaufszeit von 37 Jahren erheben, durch Einführung von Widerstandskräften, ähnlich wie beim Enckeschen Kometen, zu beseitigen, kommt er zu dem Schlusse, dass trotz der Ähnlichkeit der Elemente die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I keineswegs als erwiesen beachtet werden könne.

Endlich erwähnt Prof. Kreutz noch einen Vortrag, den F. Deichmüller über die Kometenerscheinungen des Jahres 1880 in der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde im Februar 1881 gehalten hat, und der in den Sitzungsberichten dieser Gesellschaft zum Abdrucke gelangt ist. Deichmüller schliesst sich hier völlig der Meinung Oppolzers an und spricht die Ansicht aus, dass wir in den beiden Kometen 1843 I und 1880 I ein System vor uns haben, das, ursprünglich ein Körper, durch Einflüsse, wie sie in der Sonnenatmosphäre wahrscheinlich sind, geteilt worden sei.

»Zwei und ein halb Jahre nach dem Kometen 1880 I erschien der grosse Septemberkomet 1882 II, der eine ähnliche Bahn wie der erstgenannte beschrieb, bei dem aber von vornherein eine Identität mit diesem oder mit 1843 I ausgeschlossen war. Es war natürlich, dass nunmehr das wertvollste Argument für die Identität der Kometen 1843 I und 1880 I, nämlich die frappante Ähnlichkeit der Elemente, sehr an Gewicht verlieren, und die Ansicht, dass wir es thatsächlich mit zwei verschiedenen Kometen zu thun haben, in den Vordergrund treten musste.»

Prof. Kreutz hat nunmehr die Frage auch bezüglich des Kometen 1880 I zur endgültigen Entscheidung gebracht. Als definitive Bahn dieses Kometen findet er folgende Parabel:

Zeit des Perihels 1880 Januar 27.6554108
mittlere Zeit Berlin

$$\left.\begin{array}{l}\omega = 86^0\ 14'\ 34.0''\\ \Omega = \ \ 6\ \ \ 5\ \ 48.5\\ i = 144\ \ 39\ \ \ 4.5\end{array}\right\}\ \text{M. Äqu. 1880.0}$$

$$\log. q = 7.7399177$$

Die weitere Untersuchung zeigte, dass unter Annahme einer Umlaufsdauer von 36.8 Jahren die Beobachtungen nicht so gut dargestellt werden

[1]) Astron. Nachr. No. 2319.

als durch eine Parabel, und auch bei Annahme einer Umlaufsdauer von 900 Jahren können die Bahnebenen der Kometen 1880 I und 1843 I nicht als identisch angesehen werden.

Komet 1887 I. Dieser ausschliesslich auf der Südhalbkugel sichtbar gewesene Komet wurde zuerst am 18. Jan., sieben Tage nach dem Durchgange durch das Perihel, von einem Farmer in Blauwberg bei Capetown und von Thome in Cordoba gesehen. Derselbe bot die merkwürdige Erscheinung eines blassen, langen, schmalen Lichtstreifens von 35 — 40° Länge dar, der in seiner ganzen Ausdehnung vollständig gleichmässig hell war. Nahe dem der Sonne zugewandten Ende des Lichtstreifens war weder ein Kopf, noch irgend eine Kondensation zu bemerken. Thome vergleicht das Aussehen mit dem des Kometen 1880 I, wenn bei dem letztern der etwas mehr als 1′ grosse Kopf durch eine 30 mal grössere blasse Nebelmasse ersetzt wird. Bemerkenswert ist ferner, dass die Sichtbarkeitsdauer sich auf wenige Tage beschränkt hat, und dass der Komet in den Fernrohren früher unsichtbar wurde als mit blossem Auge. Die letzte Beobachtung ist schon am 30. Januar von Tebbutt in Windsor angestellt worden; am 1. Februar war vom Kometen keine Spur mehr zu erkennen. »Zufolge des eigentümlichen Aussehens des Kometen konnte von genauen Messungen nicht die Rede sein. Am Kap verfolgte man den Lichtstreifen so weit abwärts, wie er im Sucher des 6-zolligen Äquatoreals zu sehen war, und las dann die Kreise des Instrumentes ab. In ähnlicher Weise verliefen die Beobachtungen auf den andern Sternwarten. Thome in Cordoba giebt direkt die Örter der Sterne, die am äussersten Ende des Lichtstreifens standen, als Örter des Kopfes des Kometen an.« Schon die ersten genäherten Elemente von Finlay liessen die Ähnlichkeit der Bahn mit der der Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II deutlich hervortreten. Später hat sich H. Oppenheim mit der Bahn des Kometen beschäftigt und genauere Elemente veröffentlicht.

Prof. Kreutz findet als definitive Bahn dieses Kometen eine Parabel mit folgenden Elementen:

Zeit des Perihels 1887 Jan. 11.16865 m. Zeit Berlin

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 58^\circ\ 21.1' \\ \Omega &= 324\ \ 37.7 \\ i &= 128\ \ 27.9 \end{aligned}\right\} 1887.0$$

$$\log q = 7.98521$$

Nachdem es nun als feststehend angesehen werden muss, dass die hier betrachteten sonnennahen Kometen in voneinander verschiedenen Bahnebenen einherlaufen, ist es von Wichtigkeit, die gegenseitigen Beziehungen der letztern aufzustellen, da sich aus ihnen möglicherweise Schlüsse auf den gemeinsamen Ursprung der Kometen ziehen lassen. Diese Untersuchung hat Prof. Kreutz durchgeführt.

Der Komet 1887 I muss wegen der grossen Unsicherheit seiner Bahnelemente ausser Betracht bleiben. Prof. Kreutz beschränkte danach seine Untersuchungen auf die Kometen 1843 I, 1880 I und 1882 II. Er findet bezüglich des erstern und letztern, dass die Schnittlinie der Bahnebenen mit den beiden grossen Axen der Kometenbahnen zusammenfällt. Da nun ferner die Periheldistanzen nahezu gleich sind — unter der Annahme, dass die beiden Kometen gleichzeitig im Perihel sind, ergiebt sich ihre gegenseitige Entfernung nur zu 0.00221 — so lässt sich kaum die Vermutung von der Hand weisen, dass beide Kometen Stücke eines Hauptkometen sind, und dass die Trennung zu irgend einer frühern Zeit im Perihel vor sich gegangen ist.

Bezüglich der Kometen 1843 I und 1880 I findet auch ein näherungsweises Zusammenfallen der Schnittlinie mit den beiden grossen Axen statt, und die gegenseitige Entfernung der Perihelien ist innerhalb der Genauigkeitsgrenzen der Rechnung gleich Null.

Bezüglich des Kometen 1880 I und 1882 II bleibt die angeführte Thatsache auch bestehen. Die gegenseitige Entfernung der Perihelien beträgt 0.002 23; doch ist hier wie oben zu bemerken, dass alle Resultate, in welche Komet 1880 I eingeht, wegen der Ungenauigkeit der Elemente relativ unsicher sind und wesentlich von der Annahme über die Umlaufszeit beeinflusst werden.

Der Komet 1680 hat trotz aller Verschiedenheit der sonstigen Elemente insofern eine gewisse Ähnlichkeit mit den hier beobachteten sonnennahen Kometen, als er dieselbe kleine Periheldistanz besitzt. Nach den Untersuchungen von Encke lautet die auf 1880.0 reduzierte Bahn des Kometen:

Zeit des Perihels 1680 Dez. 17.9941 m. Z. Paris

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 350^\circ\ 37.8' \\ \Omega &= 274\ \ 57.8 \\ i &= 60\ \ 40.6 \end{aligned}\right\}\ \text{M. Äqu. 1880.0}$$

$$\log q = 7.793\,96.$$

Es hat nun Interesse, auch die Beziehungen dieses Kometen zu den obigen zu untersuchen.

Prof. Kreutz findet, dass die Bahnebenen beider Kometen sich in der gleichen Entfernung von der Sonne kreuzen, und also diese Kometen wahrscheinlich trotz der Verschiedenheit ihrer Bahnelemente Teile eines Urkometen sind. Allerdings müsse dann die Trennung in eine weit zurückliegende Vergangenheit gelegt werden, da der Komet 1680 eine Umlaufszeit besitzt, die sich rechnungsmässig zu 8814 Jahren ergiebt und keinesfalls geringer als zu 2000 Jahren angenommen werden könne.

Auch bezüglich der Kometen 1680 und 1843 I findet Prof. Kreutz, dass die gegenseitige Entfernung beider Punkte der Schnittlinien ihrer Bahnen genügend klein ist, um einen ehemaligen Zusammenhang beider Kometen als möglich anzunehmen.

Der Sonnenfinsternis-Komet 1882 Mai 16. An diesem Tage wurde in Sohag (Ägypten) während der totalen Finsternis der Sonne ein Komet in den Koronastrahlen entdeckt, ohne dass derselbe jedoch später wieder gefunden werden konnte. Prof. Kreutz hat nun untersucht, ob dieser Komet etwa in der Bahn eines der obigen sonnennahen Kometen einherging. Für eine Bahn gleich der des Kometen 1882 II findet sich keine Bestätigung, dagegen erhielt Prof. Kreutz mit der Bahn des Kometen 1843 I ein besseres Resultat. Dieselbe stellt die Position des Sohag-Kometen fast innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler dar, so dass mit grosser Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass der Komet in einer dem Komet 1843 I identischen Bahn einhergelaufen ist.

Der Sonnenfinsternis-Komet 1893 April 16. J. M. Schaeberle machte zuerst Mitteilung von einem Kometen, der während der Sonnenfinsternis 1893 April 16 nach photographischen Aufnahmen in der Korona sichtbar gewesen ist. Zuerst ist derselbe von Schaeberle auf den Platten der Expedition, welche die Licksternwarte nach Mina Bronces in Chile gesandt hatte, entdeckt worden, später konnte er auch auf den Platten der englischen Expeditionen in Brasilien und Afrika konstatiert werden. Die Zwischenzeit zwischen den verschiedenen Aufnahmen hat es ermöglicht, auch die Bewegung des Kometen innerhalb der Zeit von $2^h\ 35^m$ zu bestimmen. Auf den englischen Platten ist der Komet sehr schwach, während er auf den amerikanischen sehr deutlich zu erkennen war. Dies, sowie der Umstand, dass der Komet sich von der Sonne weg bewegt hat, scheint mit Sicherheit darauf hinzudeuten, dass derselbe zu den sonnennahen Kometen gehört, und dass der Durchgang durch das Perihel nicht lange vor der ersten Aufnahme stattgefunden hat.

Prof. Kreutz hat sich auch mit Rechnungen über diese Kometen beschäftigt und findet unter gewissen Annahmen rechnerisch zwei verschiedene Bahnen, bei denen sich nicht streng sicher entscheiden lässt, welches Elementsystem das wahrscheinlichere ist. Auf jeden Fall aber folgt aus diesen Rechnungen, dass der in Rede stehende Komet nicht der Gruppe der Kometen mit sehr kleinen Perihelabständen, welche durch 1843 I und 1892 II charakterisiert sind, zuzurechnen ist.

Der Komet Pogson 1872 Dez. 2. Dieser wurde infolge einer Aufforderung von Klinkerfues, in der Nähe von ϑ Centauri nach dem Bielaschen Kometen zu suchen, von Pogson in Madras aufgefunden. Leider konnte der Entdecker den Kometen nur noch am folgenden Tage, den 3. Dezember, beobachten, so dass das vorhandene Material zu einer selbständigen Bahnbestimmung nicht hinreicht. Die Frage, ob der Komet thatsächlich mit dem Bielaschen Kometen zusammenhängt, oder ob er eine davon gänzlich unabhängige Bahn beschrieben hat, ist auch heute noch nicht als völlig gelöst zu betrachten.

Die Kometen 1668, 1689, 1695 und 1702a. Von 1668 bis 1702 sind vier Kometen sichtbar geworden, welche sowohl in ihrem Laufe am Himmelsgewölbe wie in ihrer ganzen Erscheinung unverkennbare Ähnlichkeit mit den sonnennahen Kometen 1843 I und 1882 II zeigen. Alle vier zeichneten sich durch enorme Schweifenentwickelung bei einem verhältnismässig unscheinbaren Kerne aus; auch ist ebenso wie beim Kometen 1843 I bei keinem die Sichtbarkeitsdauer wegen rasch abnehmender Helligkeit eine lange gewesen. Die Ähnlichkeit der Kometen 1668 und 1702a, welche zudem in derselben Jahreszeit in derselben Himmelsgegend standen, bewog schon D. Cassini im Jahre 1702, die Identität beider zu behaupten. Die Frage der Identität ist nun allerdings, nachdem es sich herausgestellt hat, dass für den Kometen 1843 I eine Umlaufszeit von 175 Jahren und weniger unzulässig ist, hinfällig geworden; es bleibt aber die immerhin wichtige Frage bestehen, ob nicht doch die vier Kometen eine Bahn beschrieben haben, die denen der Kometen 1843 I und 1880 I ähnlich ist, so dass dieselben also gewissermassen als Vorläufer dieser Gruppe zu betrachten wären.

Prof. Kreutz hat nun Untersuchungen angestellt, welche die Lösung dieser Fragen herbeiführen. Er findet, dass der Komet von 1668 in der Bahnebene des Kometen 1843 I einhergelaufen ist, und dass auch die übrigen Elemente des letztern bei passender Annahme der Perihelzeit den Beobachtungen von 1668 wenigstens nicht widersprechen. Dagegen genügen nicht zur Darstellung der Beobachtungen die Elemente des Kometen 1882 II.

Bezüglich des Kometen 1689 ergab sich, dass derselbe mit Sicherheit nicht in der Bahn des Kometen 1843 I und mit einiger Wahrscheinlichkeit auch nicht in der Bahn von 1882 II einhergelaufen ist.

Für den Kometen 1695 lässt sich, wegen des dürftigen Beobachtungsmateriales überhaupt, eine sichere Bestimmung der Bahn nicht ausführen. Dagegen findet Prof. Kreutz, dass die Beobachtungen des Kometen 1702a durch die Bahnen der hier betrachteten sonnennahen Kometen dargestellt werden können, und dass insbesondere die Bahn des Kometen 1882 II diejenige ist, welche am besten den vorhandenen Bedingungen genügt.

Schliesslich hat Prof. Kreutz auch noch die Angaben über einige ältere Kometen geprüft, die möglicherweise in der Bahn der Kometen 1843 I und 1882 II einhergehen konnten. Es sind dies die Kometen 371 v. Chr. (Aristoteles-Komet), 224 v. Chr., 76 v. Chr., 72 v. Chr., 220, 368, 663, 958, 1106, 1253, 1401 und 1548. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass man bei keinem einzigen der hier besprochenen Kometen auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit behaupten kann, dass er in der Bahn der Kometen 1843 I und 1882 II einhergelaufen wäre.

Die Bahn des Kometen 1897 I. Eine definitive Bahnbestimmung dieses Kometen hat Dr. Johannes Möller unternommen.[1]) Dieser Komet wurde am 2. November 1896 von dem Assistenten der Lickssternwarte, C. D. Perrine, entdeckt. Er erschien zuerst als kleine, runde, schwache Nebelmasse, ohne jede Spur eines Schweifes, mit einem deutlich ausgeprägten Kerne, der jedoch weniger ein sternartiges Zentrum, als eine verschwommene, allmählich in die Nebelhülle übergehende Lichtverdichtung gewesen zu sein scheint. Zur Schweifbildung scheint es, solange der Komet beobachtbar war, nicht gekommen zu sein, und wenn je ein solcher existierte, so ist er sicher sehr schwach gewesen. Nur die Beobachter in Oxford glauben, einmal einen äusserst schwachen, fächerförmigen Schweif gesehen zu haben, der sich von der Koma aus nach Norden hin erstreckte, während die Sonne südwestlich vom Kometen stand, und der viel schwächer war, als die Koma. Der Lichtknoten in der runden Nebelmasse hob sich gut ab, so dass im allgemeinen sichere mikrometrische Einstellungen, wenigstens vor dem Perihel, möglich waren. Ob aus den Bemerkungen der Oxforder Beobachter, dass der Kern nicht am 4. November, wohl aber am 5. November sternartig gewesen sei, der Schluss auf eine rasche physische Veränderung gestattet ist, dürfte zweifelhaft sein. Der Durchmesser der runden Koma wurde zwischen $1^1/_2$ und 2 Bogenminuten, die Helligkeit des Kernes durchschnittlich als 12. Grösse geschätzt. Die Gesamthelligkeit des Kometen, dessen Beobachtungen in der ersten Hälfte des November und des Dezember durch Mondschein beeinträchtigt wurden, scheint im Laufe der ersten, bis zum 31. Dezember reichenden Beobachtungsperiode etwas zugenommen zu haben. Der Kern, der nicht genau in der Mitte, sondern im nördlich vorangehenden Teile der Koma stand, hat sich im Laufe der Zeit vielleicht etwas auseinander gezogen. So bemerkt Herr v. Engelhardt in Dresden, dass am 29. November kein eigentlicher Kern, sondern mehrere helle Pünktchen, die dem Kometen ein granuliertes Aussehen gegeben hätten, den optischen Schwerpunkt des Kometen gebildet hätten, und in der zweiten, mit dem 23. Februar beginnenden Beobachtungsperiode bemerkt ein Beobachter in Rio de Janeiro, dass am 3. März kein ausgeprägter Kern vorhanden gewesen sei. Auch sind alle Beobachter dieser Periode darin einig, dass der Komet stets ein schwierig zu beobachtendes Objekt gewesen sei, obwohl die Helligkeit nur wenig geringer gewesen zu sein scheint, als vor dem Perihel, eine Erscheinung, die nur durch das Fehlen eines gut definierten Kernes erklärt werden kann. So kann es nicht Wunder nehmen, dass diese Beobachtungen nach dem Perihel,

---

[1]) Astron. Abhandlgn. als Ergänzungsheft der Astron. Nachr. No. 2, Kiel 1901.

die wegen der grossen südlichen Deklination des Kometen nur auf der Südhalbkugel angestellt werden konnten, erheblich schlechter unter einander übereinstimmen, als die vor dem Perihel angestellten, und dementsprechend die Südsternwarten bei der vorliegenden Berechnung im allgemeinen mit geringerem Gewichte bedacht werden mussten, als die Sternwarten der Nordhalbkugel, die den Kometen unter wesentlich günstigern Bedingungen beobachten konnten. Am 5. Mai wurde der Komet zum letzten Male gesehen, und zwar auf der Sternwarte in Rio de Janeiro.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen über das allgemeine Aussehen des Kometen geht Dr. Möller auf die Bahnbestimmung desselben ein. Als Ausgangspunkt seiner Neuberechnung legt er die von C. J. Merfield veröffentlichten Bahnelemente des Kometen zu Grunde und berechnet daraus für die Dauer der Sichtbarkeit eine Ephemeride, sowie die scheinbare Helligkeit des Kometen. Diese letztere ist mit der theoretischen nicht übereinstimmend, aber auch eine empirische Helligkeitsformel lässt sich aus dem geringen Beobachtungsmateriale nicht ableiten. Im ganzen scheint es, dass der Komet nach dem Perihel stets etwas schwächer war als vor demselben und sehr schwach gerade Mitte April, wo er der Theorie nach ein Maximum seiner Helligkeit erreichen sollte. Dr. Möller geht nun zu einer Darlegung der scheinbaren Position der Vergleichssterne über, prüft dann die über den Komet vorliegenden Beobachtungen und bestimmt deren Gewichte, worauf er die Zusammenstellung der Abweichungen der einzelnen Beobachtungen von der Ephemeride giebt. Diese Abweichungen sind zum Teile sehr beträchtlich, weshalb Dr. Möller neuere, genauere Bahnelemente berechnete und dann die Störungen ermittelte, welche der Komet während seiner Sichtbarkeit von den Planeten unseres Sonnensystems erlitt. Von diesen Störungen sind übrigens nur diejenigen seitens der Planeten Jupiter und Saturn merklich. Unter Berücksichtigung desselben fand sich schliesslich folgende wahrscheinlichste Bahn des Kometen.

$$
\begin{aligned}
T &= 1897 \text{ Februar } 8.140779 \pm 0.0008454 \\
\omega &= 127^\circ\ 18'\ 59.49'' \pm 3.216'' \\
\Omega &= 86\ \ 28\ \ 30.64 \pm 2.237 \quad \Big\}\ 1897.0 \\
i &= 146\ \ 8\ \ 14.55 \pm 0.913 \\
q &= 1.0627823 \\
e &= 1.0009265 \pm 0.0000341
\end{aligned}
$$

Der Komet bietet hiernach das seltene Beispiel einer ausgesprochen hyperbolischen Bahn. Wenn auch hyperbolische Elemente schon häufig gefunden worden sind, so darf man in den meisten Fällen doch das Wachsen der Exzentrizität über den Wert Eins als Rechnungsresultat auffassen. Die einzigen Kometen, deren Bahnen während ihrer Sichtbarkeitsperiode durch elliptische oder parabolische

Elemente sicher nicht darstellbar sind, sind die in der folgenden Tabelle zusammengestellten.

Comet	(m. Z. Berlin)	e
1844 III	1844 Dez. 13.71198	1.000353
1886 II	1886 Mai 3.32404	1.000229
1889 I	1889 Jan. 31.20908	1.001086
1890 II	1890 Juni 1.57024	1.000410
1892 II	1892 Mai 11.26193	1.000345
1897 I	1897 Febr. 8.14078	1.000927
1898 VII	1898 Sept. 14.08937	1.000754
1899 I	1899 April 13.01493	1.000394

Bei allen diesen Kometen lassen parabolische Elemente ganz unzulässige Fehler in den Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung übrig.

Aus der Tabelle ersieht man, sagt Dr. Möller, dass die Exzentrizität des Kometen 1897 I von der Eins stärker abweicht, als die aller andern, mit Ausnahme des Kometen 1889 I, dessen Exzentrizität noch um 0.000159 grösser ist. Wenn diese stark hyperbolischen Elemente schon beim Eintritte des Kometen in das Sonnensystem Gültigkeit besessen hätten, so würden wir nach den bekannten Untersuchungen von Gauss, Seeliger und v. Niessl auf einen stellaren Ursprung des Kometen schliessen dürfen. Jedoch führen die Untersuchungen, die bisher an andern Kometen über ihre Bahnform vom Eintritte in das Sonnensystem bis zu ihrer Entdeckung angestellt worden sind, zu einer Konvergenz der Exzentrizität gegen Eins oder gar zu einem Übergange in elliptische Elemente. So geht bei dem Kometen 1890 II die Exzentrizität der auf den Schwerpunkt der Sonne und der Planeten bezogenen Bahn in der Zeit von der Entdeckung an bis $3^1/_2$ Jahre rückwärts von 1.00133 auf 1.00015 herunter, ein Beweis dafür, dass dieser Komet nicht ursprünglich eine hyperbolische Bahn beschrieben hat. Da die Verhältnisse für alle hyperbolischen Kometen vielleicht ähnlich liegen, so behält sich Verfasser vor, die Störungen, die der Komet 1897 I vor seiner Entdeckung erlitten hat, zu berechnen, um die Bahn zu finden, mit der er in das Sonnensystem eingetreten ist.

Sternschnuppen und Meteoriten.

Ein Verzeichnis der Feuerkugeln und Meteoritenfälle in den einzelnen Tagen bekannter Sternschnuppenströme hat H. Bornitz gegeben.[1]) Es ist das reichhaltigste dieser Art, weshalb es nachstehend folgt.

A. Sternschnuppen-Ströme.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
Januar 2 u. 3[2])	2.	46	8	3	17

Schweifdauer in Minuten: 1755 Irland = 16, 1810 Genf = 15, 1897 Stockholm = länger als 15, 1898 Stuttgart = 3.
Meteoritenfälle: 1856 Tuam, Irland (Staub und Stein aus Meteor), 1891 Alta, Jowa, 1893 Valladolid, Span. (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung u. vermutl. Meteor.-Falle).

	3.	22	1	2	3

Schweifdauer in Minuten: 1883 ungemein glänzendes, weit sichtbares Meteor, Cincinnati = 30.
Meteoritenfälle: 1877 Warrenton, Missouri, 1879 Michigan, N.-A.

Februar 3—7[3])	3.	26	5	4	9

Meteoritenfälle: 1860 San Giuliano, Ital., 1873 Liverpool (grosse detonierende Feuerkugel mit vermutl. Meteor.- Fall), 1882 Mocs, Siebenbürgen (mit Erschütterung), 1890 Antifona di Collescipoli, Terni.

	4.	12	3	1	—

Meteoritenfälle: 1886 Höhenzug bei Thanax-kahesi, O. von den Dardanellen.

	5.	15	—	1	6

Meteoritenfälle: 1886 S. von Thanax-kahesi.

	6.	21	2	—	1

Sonstige Feuerkugeln: 1818 an verschiedenen Orten Englands mit Erschütterung.

Februar	7.	28	6	—	5

Schweifdauer in Minuten: 1862 Iglau, Mähren, = 10.
Sonstige Feuerkugeln: 1812 Pittsburg, N.-A. (deton. Feuerkugel mit Erschütterung).

18—20[4])	18.	19	4	4	5

Meteoritenfälle: 1647 (28.) Pölau bei Zwickau, 1815 Loodianah b. Dooralla (Ostindien). 1824 Tounkin b. Irkutsk, 1880 Toké uchi mura, Japan.

	19.	19	4	4	4

Meteoritenfälle: 1785 Wittmess b. Eichstädt, 1796 St. Michele de Mechede, Portugal, 1884 Pirthalla, Ostindien, 1899 Klötzenplane der Bretschneide b. Friedeberg.

	20.	20	3	—	5

Schweifdauer in Minuten: 1879 Henryville, N.-A., = 1'.

---

[1]) Gaea 1901. p. 334.
[2]) Nach Heis, Denning, Greg, Torv. Köhl u. s. w.
[3]) Greg. Nach Heis, viele Meteore aus dem Grossen Bären und Nordpole kommend.
[4]) nach Greg.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
März 1—4[1]	1.	19	2	2	3
Meteoritenfälle: 1810 Raleigk, 1868 Casala, Ital. (mit mächtiger Detonation). Sonstige Feuerkugeln: 1899 Gr. Schliewitz (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung des Bodens).					
	2.	14	2	—	3
	3.	19	4	—	5
	4.	19	7	3	5
Schweifdauer in Minuten: 1861 Victoria, Neuholland, = 15—20, 1896 England (kometenartiges Meteor zu Oxford) = 16. Meteoritenfälle: 1863 detonier. Feuerkugel von Mondgrösse in Westdeutschland, Holland, Belgien, Frankreich, England mit vermutl. Meteor.-Falle, 1875 Sitathali, Ostindien, 1888 bei Schwachenwalde.					
März 12—14[2]	12.	27	4	3	6
Meteoritenfälle: 1811 Kuleschowka, Russland (drei Explosionen), 1859 Castillon, Gironde, 1898 Stensbölle Förde b. Borga, Finnland (mit fürchterlicher Explosion, Gebäude erzitterten).					
	13.	14	2	1	4
Meteoritenfälle: 1731 Halstead, England.					
	14.	15	2	2	2
Meteoritenfälle: 1813 Cutra. Calabrien (unter Detonation, Staub u. Steine), 1881 Middlesborough, England.					
April 18—22[3]	18.	19	1	2	1
Meteoritenfälle: 1838 Akburpoor, Ostindien, 1893 (28?) Jafferabad, Ostindien.					
	19.	21	2	1	9
Schweifdauer in Minuten: 1729 Genf = 7—8. Meteoritenfälle: 1808 Borgo San Domino bei Parma.					
	20.	28	—	2	6
Schweifdauer in Minuten: 1895 Bridgewater = 5′. Meteoritenfälle: 1810 Tocavilla b. Neugranada, 1876 Rowton b. Wellington. (Eisenmeteorit bei heftiger Explosion).					
	21.	18	4	1	9
Meteoritenfälle: 1887 Fall in die Braunau bei Weidhofen.					
	22.	13	1	2	9
Meteoritenfälle: 1871 Sidney, Neuholland, 1885 Fogelsta, Österl. Schwed. Sonstige Feuerkugeln: 1865 Krächen, Wallis. (deton. Feuerkugel mit erdbebenartiger Erschütterung).					
April 29—Mai 6[4]	29.	18	—	3	4
Schweifdauer in Minuten: 1763 Paris (kometenartiges Meteor) = 14, 1877 Lulea, Schweden (Kometoid nach Nordenskiöld, eins der grössten deton. Meteore, mit Erschütterung, Rauchschweif) = 120. Meteoritenfälle: 1819 Massa Lubrense bei Neapel, 1844 Killer, Irland (musikartige [?] Detonation), 1896 Meerenge von Gibraltar.					

[1]) Nach Newton. [2]) Nach Torvald Köhl. [3]) Lyraiden. [4]) Aquariden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
	30.	12	5	1	1

Meteoritenfälle: 1899 Aussig a. E. (schwarze Steine während eines Gewitters).
Sonstige Feuerkugeln: 1762 Sojefta, Angermanland (grosses deton. Meteor mit Bodenerschütterung). 1851 Kurrachee, Ostindien (glänz. Meteor, platzte mit gew. Ersch.).

	Mai 1.	14	1	1	4

Meteoritenfälle: 1860 New-Conord, Ohio.

	2.	11	1	1	2

Schweifdauer in Minuten: 1819 Aberdeen, Schottland (ungeheure Explosion, anfangs Rauch zurücklassend, welcher in eine weisse Wolke überging), 1890 Winnebago, Jowa (kometenartige Erscheinung) = 15.
Sonstige Feuerkugeln: 1823 Embleton, England (kometenartige Erscheinung).

	3.	14	—	—	4
	4.	20	4	2	5

Schweifdauer in Minuten: 1892 Nordatlant. Ozean = 3′.
Meteoritenfälle: 1865 Vernicourt (Brand), 1873 Proschwitz.

	5.	8	2	1	3

Meteoritenfälle: 1869 Krähenberg b. Zweibrücken.

	6.	10	1	—	1
Mai 16—20[1])	16.	16	1	2	2

Meteoritenfälle: 1646 Kopenhagen, 1872 Manzanila to Panamâ.

	17.	18	—	6	2

Schweifdauer in Minuten: 1861 Melbourne, Neuholland = 1′.
Meteoritenfälle: 1791 Berasdenga b. Siena, 1806 Basingstocke, Engl., 1830 North Inch of Perth, 1855 Igast, Lievland, 1877 Hungen, Hessen, 1879 Gnadenfrei, Schles.

	18.	15	—	2	1

Meteoritenfälle: 1698 Hinterschwende, Bern., 1897 Berlin (angeblich).

	19.	13	1	3	1

Meteoritenfälle: 1826 Paulowgrad, Russl., 1858 Kakowa, Banat., 1897 Katzenhütte, Thür.

	20.	12	2	4	4

Meteoritenfälle: 1848 Castine, N.-A., 1869 Moriches, Long-Island, 1874 Virba b. Widdin, 1884 Midt-Vaage, Norwegen.

Juni 4—7	4.	15.	1	4	2

Schweifdauer in Minuten: 1822 Angers = 15″
Meteoritenfälle: 1822 Angers, Frankreich, 1828 Richmond, Virginien, 1842 Aumières, Frankr., 1890 Kakangarei, Ostindien.

	5.	12	3	1	5

Meteoritenfälle: 1722 Schefflar, Bayern.

	6.	14	4	1	2

Meteoritenfälle: 1838 Chanda-Kapoor, Ostindien.

	7.	22	6	3	6

Schweifdauer in Minuten: 1750 Norwich (deton. Feuerkugel, weisse Wölkchen blieben zurück), 1834 Philadelphia = 15, 1869 Göttingen u. Emden = 23.

[1]) Nach von Boguslawsky (um den 18.).

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore

Meteoritenfälle: 1712 Wo? nach H. Fritz, 1855 St. Denis Westram b. Gent, 1879 Luganer See.
Sonstige Feuerkugeln: 1866 Siedeburg, Hannover (detonier., kometenartige Feuerkugel mit langem, feurigem Schweife).

Juli 26–30[1]	26.	26	—	2	7

Meteoritenfälle: 1843 Manegaon, Ostindien, 1857 Locust Grove, N.-Carolina.

	27.	33	1	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1865 Athen = 15′, 1894 Californien = 20′.
Meteoritenfälle: 1894 Sawtschinsk, Cherson, Russland.

	28.	28	1	—	12

Schweifdauer in Minuten: 1798 England (schwarze Wolke) = 30, 1862 Bellinzona 15.

	29.	35	4	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1861 Kephissa = 3′, 1891 Hjörring, Dänemark, = 12′.
Meteoritenfälle: 1854 Gera.
Sonstige Feuerkugeln: 1773 Frankreich (deton. Feuerkugel zersprang mit Erschütterung des Bodens).

	30.	34	6	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1840 Wien = 15, 1856 Paris = 1.
Meteoritenfälle: 1894 Insel Monu, Dänemark.
Sonstige Feuerkugeln: 1892 Rügenwalde (detonier. Feuerkugel von Mondgrösse, weitbin sichtbar, Klirren der Fenster).

August 6–12[2]	6.	41	1	2	19

Schweifdauer in Minuten: 1822 Paris = 5′, 1850 Marburg (sehr lange sichtbar), 1880 Louisville = 5′, 1890 Atlant. Ozean = 37′.
Meteoritenfälle: 1650 Dortrecht, Holland 1820 Ovelgönne. Holland (Brand).

	7.	41	5	2	15

Meteoritenfälle: 1822 Kadonah, Ostindien, 1823 Nohleborough, Maine.
Sonstige Feuerkugeln: 1787 New-Hampshire (aus einer Wolke vernabm man eine gewaltige Detonation), 1843 Reine, Westf. (eine sehr glänzende, deton. Feuerkugel [Meteor.-Fall?]) 1878 Westfalen (kometenart. Meteor).

	8.	32	1	1	17

Schweifdauer in Minuten: 1882 New-London (Wolke) = 3.
Meteoritenfälle: 1863 Ankona, Nordlievland (zunächst drei donnerartige Detonationen, dann ein trommelart. Getöse oder Lärm, endlich ein Pfeifen und Zischen gehört).
Sonstige Feuerkugeln: 1773 England (detonier. Feuerkugel mit Erschütterung), 1892 Tschicberzig (kometenartiges Meteor mit Erschütterung).

	9.	64	2	—	33

Schweifdauer in Minuten: 1812 Vendée (nachdem dunkle Wolke zurücklassend), 1853 Olmütz = 30′, 1859 Athen = $2^1/_2$′, 1859 Athen = 2′20″, 1893 Prag = 10′ (kometenartig), 1894 Dux = 1′ (unbewegl. Erscheinung).
Sonstige Feuerkugeln: 1838 Zürich (Detonation mit Erschütterung), 1889 Wien (kometenartiges Meteor).

[1]) Hervorragender Strom nach Jul. Schmidt u. Heis. [2]) Perseïden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
	10.	117	6	5	53

Schweifdauer in Minuten: 1840 Aachen = 1'30", 1847 Paris = 9, 1863 Krakau = 5, 1863 Athen = 13, 1863 Krakau (And.), mehrere Minuten, 1864 Athen = 16, 1894 Deutschland = 5.
Meteoritenfälle: 1810 Mooresfort, Irland, 1818 Stobodka, Russl., 1846 Dowa, Irland, 1885 Grazac, Frankreich (Brand), 1898 Bei Kiel.
Sonstige Feuerkugeln: 1800 England (kometenartiges Meteor), 1839 Wo? (Detonat. mit Erschütterung).

	11.	89	6	2	41

Schweifdauer in Minuten: 1847 Papenburg = 1 1/2, 1859 Athen = 3 1/2, 1863 Krakau = 5, 1867 Gösdonk = 5, 1880 Fredericia = 3, 1898 Rom = 5.
Meteoritenfälle: 1859 Bethlehem, N.-A. (ungeheures Krachen und Erschütterung des Bodens), 1863 Dacca, Ostindien.
Sonstige Feuerkugeln: 1824 Toskana (deton. Feuerkugel, explodierte erdbebenartig).

August 12	12.	64	7	3	26

Schweifdauer in Minuten: 1876 Peckeloh, Westf., mehrere Minuten, 1883 Savanna, N.-A., = 10, 1898 Paris = 20, 1899 Bristol = 20.
Meteoritenfälle: 1843 Lysabilds b. Düppelburg, 1865 Dundrum, Irland, 1890 Waidmannsruh b. Plauen.

Sept. 26.—29 [1])	26.	20	1	2	8

Schweifdauer in Minuten: 1829 Düsseldorf (kometenart. Meteor) = 13.
Meteoritenfälle: 1873 Santa Barbara, Brasilien, 1885 Pittsburg, N.-A.

	27.	17	4	1	9

Schweifdauer in Minuten: 1862 (27?) Neapel, mehrere Minuten, 1870 Eutin = 10', 1870 Witten a. Ruhr = 15'.
Meteoritenfälle: 1825 Honolulu, Sandwich-Inseln.

	28.	16	4	1	7

Schweifdauer in Minuten: 1877 Flensburg = 75.
Meteoritenfälle: 1891 Guča, Čačat, Serbien.

	29.	21	1	—	3
Okt. 16.—18 [2])	16.	23	1	—	9

Schweifdauer in Minuten: 1879 Leipzig = 16, 1897 Ottersdorf = 5.

	17.	34	9	1	10

Schweifdauer in Minuten: 1846 Hanau = 8, 1854 Hamburg (Schweifwölkchen längere Zeit).
Meteoritenfälle: 1827 Knasti-Knasti, Bialistock, Russland.
Sonstige Feuerkugeln: 1900 Menzen, Württemberg (Erschütterung, sturmähnliches Getöse).

	18.	24	2	2	4

Schweifdauer in Minuten: 1814 Leipzig, mehrere Minuten, 1874 München (kometenartiges Meteor = 3, 1881 Mobile = 10.
Meteoritenfälle; 1738 Carpentras b. Avignon, 1854 (18?) Tabarz, Thür.

[1]) Nach Torvald Köhl. [2]) Orioniden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	Anzahl der detonierenden Meteore	Anzahl der Meteoriten-Fälle	Anzahl der beschweiften Meteore
Okt. 23.—25 [1]	23.	28	3	2	13

Schweifdauer in Minuten: 1805 Düsseldorf = 20, 1891 Mittelatlant. Ozean = 30, 1893 Nordatlant. Ozean = 35.

Meteoritenfälle: 1801 Colchester (Brand), 1887 Pola und Meteor.-Fall mit Schweifdauer = 40′.

Sonstige Feuerkugeln: 1881 Frankreich (kometenart. Meteor).

	24.	20	3	—	7

Schweifdauer in Minuten: 1845 Bonn = 4, 1872 Steiermark (lang anhaltender feuriger Schweif), 1875 Klixbüll = 45.

	25.	20	3	2	10

Meteoritenfälle: 1740 Hassargard, Rumelien (drei Donnerschläge mit Erzittern des Bodens), 1887 Than, Tonkin (Meteor prallte ab und fiel in das Meer).

Nov. 12.—16 [2]	12.	54	4	5	11

Meteoritenfälle: 1612 Nanking, 1761 Chamblon, Frankreich (Feuersbrunst), 1820 Sterlitomansk, Russland, 1843 Werchne Tschirskaga, Russland, 1856 Trenzano, Italien.

Sonstige Feuerkugeln: 1740 Dijon (Getöse mit Erschütterung), 1820 Potsdam (Meteor und merkwürdige Beleuchtung der Atmosphäre).

November	13.	78	4	4	28

Schweifdauer in Minuten: 1819 Haiti, Westindien = 18, 1833 Ohio = 15, 1833 New-York = 12, 1833 New-Haven = 15, 1849 Rostock = 15, 1858 Köln = 5—10, 1868 bei Berlin = 2.

Meteoritenfälle: 1835 Belmond (Brand), 1842 (Dat.?) Pas de Calais (grosses Getöse), 1849 Tripolis (Fensterklirren), 1872 Scilly-Inseln.

Sonstige Fenerkugeln: 1830 N. of Spain (Feuerk. warf grosse Funken, ungeheurer Schweif), 1832 Köln (kometenartiges Meteor).

	14.	137	6	1	71

Schweifdauer in Minuten: 1832 Bruneck, Tyrol (Wolke) = 15, 1835 Cap = 20, 1836 Österreich = 5, 1836 Athen (kometenart. Meteor) = 5, verschiedene in Athen: 1863 = 14, 1863 = 1′ 10″, 1863 = 4, 1863 = 13, 1863 = 11, 1865 Leyden = 26, 1866 England = 3, 1866 Glasgow = 20, 1866 daselbst = 17, 1866 Athen = 53, 1866 Berlin und Nauen (lange sichtb. Schweif), 1866 Greenwich = 20, 1866 Brüssel = 1, 1866 London (leuchtender Schweif sehr lange sichtbar), 1867 Pointe-à-Pitre = einige Minuten, 1868 Rom (Wolke) = 5, 1868 Rom = 10, 1868 Dudley = 15, 1868 Dudley = 40, 1868 Rom (eine andere) = 10, 1868 New-Haven = 41, 1869 Athen (Wolke) = 15, 1870 bei Berlin = 10, 1887 Sunderland = 9, 1895 Dewsburg = 10, Leipzig = 41.

Meteoritenfälle: 1856 Indisch. Meer bei der Insel Java.

Sonstige Feuerkugeln: 1838 Lamball (Meteor bei ungemeiner Helligkeit der Atmosphäre). 1867 Kertsch (kometenart. Meteor mit Getöse), 1868 New-Haven (das grösste Meteor, was bisher in Amerika beobachtet worden), 1869 Rom (unter dem Meteorschauer mehrere grosse Fenerkugeln zwischen 2h 35′ und 3h 15′ morgens ohne Schweife).

[1] Nach von Boguslawsky, Heis. [2] Leoniden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der Feuerkugeln überhaupt	detonierenden Meteore	Meteoriten-Fälle	beschweiften Meteore
	15.	52	6	1	17

Schweifdauer in Minuten: 1891 New-York = 1, 1898 Boston = 9, 1898 Rom = 15.

Meteoridenfälle: 1859 Vermutl. Meteor.-Fall in das Wasser der Delawau-Bay, N.-A. (ungeheures Meteor, Detonation währte 60 Sekunden).

Sonstige Feuerkugeln: 1842 Langensalza (gewaltige Explosion), 1858 Kemps a. Donau (Meteor mit gewaltiger Explosion, Fenster klirrten und Gebäude erzitterten), 1860 New-Jersey, N.-A., $9^1/_2{}^h$ a. m. (überaus glänzende Feuerkugel, Detonation währte eine volle Minute), 1861 Jowa-City, 10^h 30 p. m. detonier. Feuerkugel grösser als Vollmond mit langem Schweife), 1868 Madrid kometenartiges Meteor, 1899 Abbazia kometenartiges Meteor).

	16.	29	3	—	11

Schweifdauer in Minuten: 1881 Luisville, N.-A. (mit Detonation) = 15′, 1881 Tennesee = 6′, 1898 Rom = 15′.

Nov. 23—28[1]	23.	31	6	1	9

Schweifdauer in Minuten: 1889 Sydney = 60.

Meteoritenfälle: 1810 Charsonville b. Orleans.

Sonstige Feuerkugeln: 1811 Panganur, Ostindien (Meteor.-Fall?).

	24.	22	3	1	9

Meteoritenfälle: 1804 Hacienda de Pocas, San Louis Potosi, Mexiko.

	25.	15	2	1	2

Schweifdauer in Minuten: 1889 Berkeley, N.-A. (lange Dauer eines Schweifes).

Meteoritenfälle: 1833 Blansko, Mähren.

	26.	14	7	1	2

Meteoritenfälle: 1874 Kerilis, Gôtes du Nord.

	27.	75	6	4	34

Schweifdauer in Minuten: 1755 Schweden (lang anhaltender Rauchschweif), 1872 Peckeloh = 7, 1872 daselbst = 10, 1872 Moncalieri = 21, 1872 Mauritius = 1, 1885 Westfalen = 10, 1885 England = 10, 1885 Edinburg = 10, 1885 Atlant. Meer = 15, 1885 Südatlant. Meer (kometenart. Meteor) = 16, 1885 Edinburg = 10, 1885 Prag = 2, 1885 Rote Erde = 20—30, 1885 Upsala = 6.

Metoritenfälle: 1637 Mont Voisin, 1868 Danville, Alabama, 1878 Dhulia, Ostindien, 1885 Mazapil, Mexiko.

Sonstige Feuerkugeln: 1829 La Rochelle und Rochefort (deton. Feuerkugel bei Erdbeben), 1862 Angermanland, Schweden (deton. Feuerkugel mit Erschütterung), 1878 Ebersdorf (am Tage bei trübem Himmel, Deton., Beben der Erde, Erschütterung der Häuser, von einem nicht sichtbaren Meteor).

	28.	16	1	1	2

Meteoritenfälle: 1810 Grosses Meteor fiel zwischen Cap Matapan und der Insel Gorigo in das Meer.

[1]) Bielaniden, Andromeden.

Zeit und Bezeichnung der Ströme	Einzelne Tage der Ströme	Anzahl der			
		Feuer-kugeln überhaupt	deto-nierenden Meteore	Meteoriten-Fälle	be-schweiften Meteore

Sonstige Feuerkugeln: 1879 Syracuse, N.-A. (eine glänzende Feuerkugel mit gewaltiger Explosion).

Dezember 6—13[1])	6.	15	1	3	1

Meteoritenfälle: 1674 Näfels, Glarus, 1866 Elgueras, Oviedo, Spanien, 1885 Strada Fiorentino, Neapel (Erschütterung des Bodens).
Sonstige Feuerkugeln: 1637 Vola (Stauhregen unter Detonation).

	7.	20	2	2	4

Meteoritenfälle: 1863 Touriennes la Grosse (kometenartiges Meteor mit donnerart. Getöse, dem zwei andere folgten), 1894 Buschany h. Dorpat.

	8.	31	5	2	9

Schweifdauer in Minuten: 1881 Herefort (nachher Wolke), 1847 Aachen = 1, 1893 Berlin = 1.
Meteoritenfälle: 1836 Zuz, Oberengadin, 1847 Foresthill, Arkansas.

	9.	31	5	1	13

Schweifdauer in Minuten: 1880 Aiken, Südcarolina = 20.
Meteoritenfälle: 1858 Montréjeau, Haute Garonne (Brand).
Sonstige Feuerkugeln: 1734 Regenshurg (Explosion mit Erschütterung).

	10.	34	1	4	6

Schweifdauer in Minuten: 1855 Kopenhagen = 15.
Meteoritenfälle: 1744 Hizen. Japan, 1863 (14?) Jagly b. Trapezunt (gewaltige Detonat.) 1871 Bandony, Insel Java, 1872 Roda, Spanien.

	11.	57	6	3	18

Meteoritenfälle: 1836 Macao, Brasilien, 1864 (4?) Turanaki, Neuseeland (ungeheure Explosion, Schweifwolke war noch nach zwei Stunden sichtbar), 1875 Nemeha County (ein Farmer getötet).
Sonstige Feuerkugeln: 1741 Insel Wight (detonierende Feuerkugel mit Erschütterung), 1836 Küstrin (grosse Feuerkugel mit furchtharem Geräusche), 1852 eine fast in ganz Deutschland und N.-Österreich gesehene glänzende, detonier. Feuerkugel, der drei kleinere kurz hintereinander folgten, 1853 Erlangen, Leipzig (kometenartiges Meteor), 1864 Norddeutschland (zwei grosse glänzende Feuerkugeln kurz hintereinander),

	12.	55	7	2	15

Schweifdauer in Minuten: 1869 Glasgow (lange Dauer eines Schweifes).
Meteoritenfälle: 1607 China, 1642 Zwischen Ofen u. Gran mit schrecklicher Explosion.

	13.	35	3	6	7

Meteoritenfälle: 1795 Wold Cottage, Engl., 1798 Krak-hut, Ostindien, 1803 Mässing, Bayern, 1813 Luotolaks, Finnland, 1884 Francois b. Chateau Richer, Queheck, 1899 zwischen Boldenhagen u. Kröpelin, Mecklenhurg.
Sonstige Feuerkugeln: Belley, deton. Feuerkugel mit Erschütterung.

[1]) Nach Arago, Jul. Schmidt, Denning, Heis, Torvald Köhl u. a.

B. Summierte Meteore
der im Verzeichnisse A angegebenen Ströme mit Prozentangaben.

Zeiten der Ströme	Summierte Anzahl der Feuer-kugeln über-haupt	deton. Meteore	Meteor.-Fälle	be-schweift. Meteore	Häufigkeit nach Prozenten Deto-nationen	Meteo-riten	Schweife
Januar 2—3	68	9	5	20	13.2	7.4	29.4
Februar 3—7	102	16	6	21	15.7	5.9	20.1
Februar 18—20	58	11	8	14	19.0	13.8	24.1
März 1—4	71	15	5	16	21.1	7.0	22.5
März 12—14	56	8	6	12	14.3	10.7	21.4
April 18—22	99	8	8	34	8.1	8.1	34.3
April 29 bis Mai 6	107	14	9	24	13.1	8.4	22.4
Mai 16—20	74	4	17	10	5.4	23.0	13.5
Juni 4—7	63	14	9	15	22.2	14.3	23.8
Juli 26—30	156	12	5	58	7.7	3.2	37.2
August 6—12	448	28	15	204	6.2	3.3	45.5
September 26—29	74	10	4	27	13.5	5.4	36.5
Oktober 16—18	81	12	3	23	14.8	3.7	28.4
Oktober 23—25	68	9	4	30	13.2	5.9	44.1
November 12—16	350	23	11	138	6.6	3.1	39.4
November 23—28	173	25	9	58	14.4	5,2	33.5
Dezember 6—13	278	30	23	73	10.8	8.3	26.3

Der Mai-Strom in den Tagen des 16—20 weist einen verhältnismässig grossen Prozentsatz an Meteoritenfällen nach, während der an Meteoren sonst so reiche Leonidenstrom (November 12—16) einen recht geringen Satz ergiebt, wie denn überhaupt die Ströme der zweiten Jahreshälfte im Verhältnisse zu der grossen Zahl ihrer Feuerkugeln nicht reich an Meteoritenfällen sind.

Die Ströme der Perseïden (August) und der Leoniden (November 12—16) führen an detonierenden Meteoren nur den dritten Teil der im Februar (18—20) und der im März (1—4) beobachteten Fälle. Diese auch von Schmidt hervorgehobene Thatsache erklärt Prof. v. Niessl mit den tiefen Hemmungspunkten im Frühlingsäquinoktium. Wiederum bringen der Juni-Strom im Gegensatze zu den Schmidtschen Prozentzahlen in den Tagen des 4—7 die meisten, hingegen die Ströme des Mai (16—20) und des November (Leoniden = 12—16) die kleinste Anzahl detonierender Feuerkugeln, während man besonders von dem Mai-Strome das umgekehrte Ergebnis erwarten sollte.

Was nun die beschweiften Feuerkugeln anbetrifft, so stimmen zunächst wieder die Angaben über den Mai-Strom (16.—20.) mit der Schmidtschen Aufstellung insofern überein, als beide Übersichten in diesem Monate gleichmässig die kleinste Zahl des ganzen Jahres aufweisen. Hiergegen fällt die grosse Anzahl der beschweiften Feuerkugeln des August-Phänomens, insbesondere aber die überraschende Fülle der nicht so an Zahl, aber an glänzenden Feuer-

kugeln reichen Periode des Oktober (23—25) in den Prozentangaben (Verzeichnis B.) besonders ins Auge.

In Bezug auf die Mächtigkeit der Schweife und die lange Dauer ihrer Sichtbarkeit tritt neben dem August-Strome der Leonidenstrom vor allen andern hervor. Zeigen die Schweife der aus dem Perseus strahlenden Sternschnuppen mit ihrer charakteristischen gelblichen Färbung des Körpers und des langen schmalen Schweifes meist schon ein kurzes Nachleuchten, so muss die ungewöhnliche Dauer der Schweiferscheinung der im November eilig aus dem Löwen schiessenden Meteore, wie ein Blick auf die betreffende Übersichtsspalte (Verzeichnis A.) zeigt, geradezu verblüffen. Helle Sternschnuppen, die ja oft länger als eine Minute nachleuchten, wie auch jene grossen Meteore, deren feurige Schweife noch kürzere Zeit nach dem Verschwinden des Meteors zurückbleiben, konnten wegen ihrer grossen Menge in dieser Spalte nicht aufgeführt werden.

Vergleicht man in der Spalte »Dauer der Schweiferscheinung« den Mai-Strom (16—20) mit dem Leonidenstrome, so wird man den oben hinsichtlich der Zählung der beschweiften Meteore überhaupt hervorgehobenen Gegensatz bestätigt finden. War doch im Mai-Strome nur ein Fall eines nachleuchtenden Schweifes in der Dauer von einer Minute zu verzeichnen gewesen.

Mit diesen Thatsachen dürfte die Ansicht des Prof. v. Niessl im Einklang stehen, dass nämlich die weniger schnell der Erde nacheilenden, rechtläufigen Meteore im Frühlingsäquinoktium tiefer in die Atmosphäre gelangen. Ihr der Anziehungskraft der Erde verfallener Körper scheint langsamer erwärmt und dadurch vor der gänzlichen Zerteilung bewahrt zu werden. Eine geringe, bald erlöschende Schweifmasse hinter sich lassend, nimmt er die Oberfläche der Erde als nächst erreichbares Objekt zum Ziele. Die Leonidenmeteore dagegen ziehen, wie v. Niessl hervorhebt, zur Zeit des Herbstäquinoktiums mit grosser Schnelligkeit aus der Gegend des Apex gegen die Erde und finden schon in grossen Höhen ihre Auflösung. Es muss angenommen werden, dass durch die immense Schnelligkeit des Körpers und die trotz der dünnen Atmosphäre erfolgende starke Reibung alsbald ein schnelleres Erwärmen, bezw. Durchglühen des Meteors herbeigeführt wird, dass nun die vielen mehr und mehr absplitternden Teile des Körpers als einen grossen lange sichtbaren Schweif zurücklässt.

Feuerkugeln der südlichen Hemisphäre. H. Bornitz hat hierüber auch alles vorhandene Material gesammelt und veröffentlicht.[1]) Die Beobachtungen setzen mit dem grossen Meteore vom 14. Mai 1663 in Chile ein. Von diesem Tage ab sind im ganzen Feuerkugeln und Meteoriten gezählt im:

[1]) Sirius 1901. p. 125 ff.

Januar	19
Februar	11
März	16
April	15
Mai	17
Juni	19
zusammen	97
Juli	10
August	10
September	8
Oktober	9
November	24
Dezember	10
zusammen	71

In der zweiten Jahreshälfte weist nur der Monat November eine grössere Anzahl von Feuerkugeln auf, sonst überwiegt die Zahl der Feuerkugeln in der ersten Jahreshälfte. Seltsamerweise entfällt nur eine geringe Anzahl auf den Monat August.

Es dürfte von Interesse sein, diese Ergebnisse mit den Zählungen auf der nördlichen Hemisphäre gemachter Beobachtungen zu vergleichen.

Es wurden Feuerkugeln, resp. Meteoriten vom 14. Mai 1663 ab gesehen:

Im Monat	Hemisphäre	
	südliche	nördliche
Januar	19	564
Februar	11	454
März	16	463
April	15	422
Mai	17	409
Juni	19	422
Juli	10	595
August	10	992
September	8	601
Oktober	9	683
November	24	1026
Dezember	10	678

Vorstehende Übersicht zeigt vor allem recht deutlich, wie die Ergebnisse der beiden Jahreshälften auf der südlichen und auf der nördlichen Hemisphäre gerade im umgekehrten Verhältnisse zu einander stehen.

Nach Prozenten geordnet, stellen sich die Monate der südlichen zur nördlichen Hemisphäre wie folgt:

August	1.0	Februar	2.4
September . . .	1.3	Januar	3.3
Oktober	1.4	März	3.4
Dezember . . .	1.4	April	3.5
Juli	1.6	Mai	4.1
November . . .	2.3	Juni	4.5

Diese Werte geben ein richtiges Bild und sprechen demnach für sich selbst.

Nach Prof. Heis' Zusammenstellung aus den Beobachtungen des Geh. Rat Neumayer zeigt sich ein Anschwellen der Sternschnuppenströme auf der südlichen Hemisphäre zwischen

Januar 28 und Februar 2
vom März 12—15
Mitte Mai,
Anfang Juni,
zwischen Juli 28 und August 2
vom August 5—7
Oktober 27
zwischen Dezember 18 und 25.

Nach Heis erscheint die Zeit vom 28. Juli bis 2. August die Epoche der Maximalfrequenz der Sternschnuppen zu sein.

Die Beobachtungen über den Sternschnuppenfall der Leoniden im November 1900 wurden von Prof. Janssen in Paris zusammengestellt. Auch diese weitern Nachrichten haben an der Thatsache nichts geändert, dass der erwartete Meteorfall auch diesmal beinahe gänzlich ausgeblieben ist. In Berlin, Moskau, Odessa, Strassburg, Brüssel, Rom, Madrid, Bordeaux, Toulouse, wo überall eifrig nach dem Sternbilde des Löwen in den Nächten vom 13. bis 17. November ausgeschaut wurde, ist die Beobachtung durch einen völlig bedeckten Himmel verhindert gewesen. In Lyon wurde trotz zeitweise schönen Wetters ebenfalls nichts von den Leoniden bemerkt. Auf der Sternwarte in Nizza sah man nur vereinzelte Meteore, in San José (Kalifornien) 20 Meteore auf die Stunde am 13. November. Die zum Zwecke der Beobachtung von Paris aufgelassenen Ballons haben ebensowenig etwas ausrichten können. Es lässt sich schon jetzt übersehen, dass die Erscheinung überall fast gleich Null gewesen ist, und es ergiebt sich daraus der Schluss, dass der Meteorschwarm, der in den Jahren 1799, 1833 und 1866 — im letztgenannten Jahre schon etwas abgeschwächt — einen grossartigen Sternschnuppenfall geliefert hat, seitdem derartige Störungen in seiner Bahn erlitten hat, dass er die Erdatmosphäre nicht mehr streift.

Das stimmt mit den Rechnungen von Dr. Stoney und Dr. Downing, gemäss welchen die Bahn der Leonidenmeteore die Ebene der Erdbahn gegenwärtig in einem Punkte schneidet, der 1600000 engl. Meilen näher der Sonne liegt als der nächste Punkt der Erdbahn. Schon Le Verrier hatte 1867 die Möglichkeit ins Auge gefasst, dass infolge einer durch planetarische Störungen verursachten Veränderung der Periheldistanz der Bahn dieses Meteorschwarmes, die Erscheinung des betreffenden Sternschnuppenfalles für die Erde plötzlich aufhören könnte, doch hielt er dieses zunächst nicht für sehr wahrscheinlich

Die Bahn des grossen Meteors vom 16. März 1900 ist von Prof. v. Niessl berechnet worden. Dasselbe wurde um 5 h 25 m Gr. Z., also noch vor Eintritt der Dunkelheit bemerkt, als es sich in einer Höhe von 192 *km* über der Gegend östlich von Kassel befand. Es zog dann in östlicher Richtung über Leipzig und Grossenhain in Sachsen, zwischen Sprottau und Liegnitz, dann über Trebnitz in Schlesien bis über die nördliche Umgebung von Widun in Polen, wo in einer Höhe von 34 *km* die Hemmung seines planetarischen Laufes erfolgte. Die Länge der gesehenen Bahn betrug nicht unter 529 *km*. Aus den an 28 Orten beobachteten, scheinbaren Bahnen wurde der Radiationspunkt in AR 5.8^0, Dekl. $+ 13.4^0$ gefunden; die geozentrische Geschwindigkeit ist aus 32 Dauerschätzungen zu 44 *km* und also die heliozentrische Geschwindigkeit = 59.7 *km* abgeleitet. Die Bahnform ergiebt sich als Hyperbel von der Halbaxe 0.5; die Länge des aufsteigenden Knotens war 350.7^0, die Bahnneigung 8.8^0, die Bewegung rechtläufig. Der Zusammenstoss mit der Erde erfolgte nach dem Periheldurchgange, und der betreffende Ast der Hyperbel war aus einem Punkte des Weltraumes in 355^0 Länge und $0{,}7^0$ nördl. Breite gerichtet. Diese Elemente sind noch für verschiedene zulässige Voraussetzungen der Geschwindigkeit berechnet worden.

Der Meteorit von Allegan. Am 10. Juli 1900 fiel bei Allegan im Staate Michigan ein Meteorit nieder, dessen Hauptstück $31\,^1/_4$ *kg* schwer ist, während ein kleineres weniger als 2 *kg* wiegt und noch kleinere Stücke zersplitterten. Dieser Meteorit ist von Ward, Merill und Stokes[1]) auf seine petrographische und chemische Struktur untersucht worden. Dieselbe ergiebt sich als tuffartig, wie Ähnliches schon bei andern Meteorsteinen gefunden und von Tschermak hervorgehoben worden ist. Die ganze Struktur des Allegansteines kann nur erklärt werden, wenn man ihn als ein Agglomerat von Chondren in einer zertrümmerten Grundmasse auffasst, für welche das Material gewonnen wurde aus dem Zerreiben anderer Chondren. Wäre der Meteorit durch sehr schnelle Krystallisation entstanden, dann müssten die Chondren die ältesten und besten Krystalle besitzen, und die Grundmasse viel glasige Substanz enthalten; in Wirklichkeit verhält es sich aber umgekehrt, Glas kommt in den Chondren vor und fehlt in der Grundmasse. Die Rinde des Meteoriten zeigt auch, dass beim schnellen Krystallisieren dieser Masse sich nicht Sphärolite bilden, sondern Krystallite in einer glasigen Masse, ganz wie in irdischen Gesteinen. Die Chondren können wohl durch plötzliches Erstarren geschmolzener Magmatropfen entstanden sein, später aber wurden sie in Vulkanherden zerrieben, aber dann als feste Masse ausgeschleudert. Ihre Bildung ist somit eine tuffartige.

---

[1]) Proceedings Wash. Acad. of Sciences 1900. 2. p. 41.

Eine meteorstatistische Studie veröffentlicht A. G. Högbom.[1]) Für einige Meteoritenfälle, sagt er, hat man auch wahrscheinlich gemacht, dass sie aus bestimmten Sternschnuppenschwärmen, bezw. Kometen stammen, wie z. B. der Eisenmeteorit von Mazapil (27. Nov. 1885), welcher mit dem gleichzeitigen Sternschnuppenmaximum gleichen Radiationspunkt gehabt haben soll. Dies ist jedoch als eine seltene Ausnahme zu betrachten. In der Regel zeigt die Meteoritstatistik keine Steigerung der Meteoritenfälle um die Zeiten der Sternschnuppenmaxima; man sieht, wie im Gegenteile das am meisten ausgeprägte Minimum der erstern (Ende Oktober) mit einem Sternschnuppenmaximum zusammenfällt, und anderseits, wie Mitte Juni keines vorkommt, obgleich die Meteoritenfälle dann ihr absolutes Maximum erreichen. Es dürfte deshalb nicht berechtigt sein, ohne weiteres die Resultate, welche bezüglich der Sternschnuppen gewonnen sind, auf die Meteoritenfälle auszustrecken. Ebenso ist es wohl möglich, dass manche Meteorite nicht hyperbolische Bahnen gehabt haben, obgleich dies die Regel ist für die Boliden oder Feuermeteore. Wenn es wahrscheinlich ist, dass ein Körper, der mit kosmischer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre hineinstürzt, leichter und vollständiger zerstäubt oder vergast wird, je schneller seine Bewegung und deshalb Erhitzung ist, so muss unter übrigens ähnlichen Verhältnissen die Aussicht für einen solchen Körper, zur Erdoberfläche als Steinmeteorit zu gelangen, kleiner sein, wenn er sich in einer hyperbolischen, als wenn er sich in einer elliptischen Bahn bewegt. Es ist deshalb zu erwarten, dass unter den Steinmeteoriten relativ häufigere Beispiele von elliptischen Bahnen als unter den Boliden vorkommen.

„Wenn die Meteorite, deren Falldata bekannt sind, in der Regel mit einer heliozentrischen Geschwindigkeit von mehr als 41.4 *km* pro Sekunde in die Atmosphäre hereingekommen wären und also hyperbolische Bahnen gehabt hätten, dann wäre eine Untersuchung über ihre Falldata ziemlich zwecklos. Die Meteorite wären dann ganz zufällige Erscheinungen, und es wäre kein Grund vorhanden, warum die eine Woche oder Tagesgruppe mehr Fälle als die andere haben sollte. Ihre Verteilung auf einer graphischen Tafel würde eine im ganzen gleichmässige Frequenz für alle Zeiten des Jahres haben oder nur solche Ungleichmässigkeiten zeigen, die durch verschiedene Beobachtungsmöglichkeiten erklärlich wären.

Wenn nun aber (wie ein Blick auf die dem Original beigegebene graphische Tafel lehrt) die Meteorite eine ziemlich ungleichmässige Verteilung auf die Tage des Jahres haben, so dass einige Tage oder Tagesgruppen mehrere Fälle aufzuweisen haben, während auf

---

[1]) Bull. of the Geolog. Institution of the University of Upsala Vol. 5, Patr. I. No. 9, p. 132. Upsala 1901.

naheliegende Tage und Tagesgruppen kein Fall kommt, so scheint Grund vorzuliegen die Frage aufstellen, ob nicht diese Ungleichmässigkeit mit einiger Wahrscheinlichkeit dadurch erklärt werden kann, dass manche an denselben oder naheliegenden Tagen stattgefundenen Fälle aus einem Meteoritenschwarme stammen, welcher mehrmals die Erdbahn gekreuzt habe, in welchem Falle diese Meteoritenschwärme dann elliptische Bahnen beschreiben müssen, ganz wie die Perseïden, Leoniden und andere rekurrente Sternschnuppenschwärme. Die Veranlassung zu einer Untersuchung hierüber gab dem Verfasser die zufällige Beobachtung, dass einige petrographisch wohl charakterisierte Meteoritentypen gleiche oder sehr naheliegende Falldaten haben.

Ein sehr prägnantes Beispiel in dieser Hinsicht sieht man in den Howarditen, von welchen im ganzen nur neun Fälle bekannt sind. Nun liegen drei Howardite auf einer geraden Linie in den ersten Tagen vom August, und drei kommen auf die erste Hälfte vom Dezember. Durch Wahrscheinlichkeitsrechnung ergiebt sich, dass eine solche Gruppierung mit mehrern Tausend Wahrscheinlichkeiten gegen eine als nicht zufällig anzusehen ist. Aber wenn diese Gruppierung nicht ein Zufall ist, dann liegt es am nächsten, dieselbe dadurch zu erklären, dass zu den genannten Zeiten (ein oder) zwei howarditische Schwärme mehrmals die Erdbahn gekreuzt und dabei Fälle geliefert haben. Dass die Fälle eine deutliche Tendenz haben, immer etwas früher einzutreffen, kann dadurch erklärt werden, dass die Bahn des Schwarmes durch Störungen Deformationen unterworfen ist. In der That ist dies für kometoide Körper eher zu erwarten, als dass die Bahn eines derartigen Schwarmes so gleichförmig wäre, dass derselbe immer am selben Datum wiederkehre.

Ein zweiter Typus (die Eukrite) ist durch drei Fälle repräsentiert; von diesen kommen zwei auf den 13.—15. Juni, ein Zusammentreffen, welches mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 90 gegen 1 für gemeinsame Herkunft spricht.

Betrachtet man weiter die Verteilung der Chondrite, so findet man viele Beispiele von ähnlicher Gruppierung. Auf diese Beispiele legt Verf. nicht viel Gewicht. Einige mögen jedoch angeführt werden. Am 19. Januar (1865 und 1867) zwei Fälle von »grauen breccienartigen Chondriten«, was $^2/_{18}$ aller Fälle dieses Typus ausmacht. Die 15 »krystallinischen Chondrite« verteilen sich auch etwas auffallend, nämlich vier Fälle 19.—25. März, drei Fälle 16.—24. Sept., zwei Fälle 22.— 27. Mai, zwei Fälle 8.—15. Aug. und nur vier sporadische Fälle auf andere Zeiten. Von fünfzehn »intermediären geaderten Chondriten« kommen drei Fälle auf die Tage 9.—12. April, was ja, rein arithmetisch betrachtet, mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit für einen gemeinsamen Ursprung dieser drei Fälle spricht. Sie sind mit einem Sternschnuppenschwarme (den »Lyriden«) gleichzeitig.

Die Chondrite eignen sich indes nicht wohl für derartige Zusammenstellungen. Die in dieser umfassenden Gruppe unterschiedenen Typen sind nämlich in petrographischer Hinsicht nicht scharf getrennt, wie schon aus den unter einander abweichenden Bezeichnungen verschiedener Kenner hervorgeht, indem derselbe Fall oft zu zwei oder drei verschiedenen Typen gerechnet wurde. So werden in der Litteratur drei Fälle teils als »intermediäre«, teils als »graue Chondrite«, sechs Fälle als »Kugelchondrite« oder als »graue Chondrite« bezeichnet u. s. w.

Besonders ist die Breccienstruktur und noch mehr die Aderstruktur von fraglichem Werte für eine Klassifikation, die über genetische Zusammengehörigkeit Auskunft geben will. In derselben Beziehung ist der Typus »kohlige Chondrite« von zweifelhaftem Werte, weil eine Menge andere Chondrite auch kohlehaltig sind. Die petrographischen Verschiedenheiten der chondritischen Typen sind überhaupt so geringfügig oder von solcher Natur, dass aus denselben kaum auf ungleiche oder gemeinsame Herkunft geschlossen werden kann. Einige Charaktere können diese Typen während ihres Eintretens in oder ihres Ganges durch die Atmosphäre bekommen haben; und manche für die Einteilung benutzten Charaktere sind solcher Art, dass die mit ihnen hervorgehobenen Verschiedenheiten sehr wohl in einem Meteoritenschwarme vorkommen können. So ist es wohl denkbar, dass solche strukturelle Ausbildungsformen wie Breccienstruktur, krystalliniche Struktur und geaderte Formen in einem Schwarme oder sogar in einem Falle zur Ausbildung gekommen sind. Ebenfalls können die im allgemeinen geringfügigen chemischen Abweichungen der Chondrite in einem Schwarme vorkommen, man mag sie nun durch Differentiations- oder Aggregationsprozesse entstanden annehmen. Es sind ja auch einzelne Fälle bekannt, welche derartige chemische oder strukturelle Ungleichheiten zeigen, wie z. B. Bielaja-Zerkow (16. Jan. 1796) und Avilez (1856) teils als Kugelchondrite und teils als graue Chondrite ausgebildet; ebenso Lissa (1808) als geaderte und weisse, bronzeähnliche Chondrite. Noch grössere chemische Variationen sind von einem andern Falle bekannt, nämlich Brenham, wovon ein Stück in seinem einen Ende Pallasit, in dem andern Nickeleisen ist.[1])

Die durch nur vereinzelte Fälle repräsentierten Typen der Gruppe B (Bastite, Chassignite, Chladnite und Amphoterite), ebensowie die howarditischen Chondrite, zeigen einige Eigentümlichkeiten in ihrer Verteilung, woraus als wahrscheinlich geschlossen werden kann, dass sie mit den verwandten Howarditen gemeinsame Herkunft haben. So kommen mit den Dezember-Howarditen ein Bastit, ein Chladnit und ein Amphoterit zusammen, was auffallend viel ist, da diese drei Typen zusammen nur neun Fälle bilden. Auch haben

[1]) Vgl. Ward: Collection of Meteorites, Chicago 1900. Preface IV.

die Juni-Eukrite mit einem Howardite, einem Chladnite und einem howarditischen Chondrite gleiche Falldata. Um den ersten Oktober findet man einen Chassignit, zwei howarditische Chondrite und einen Howardit zusammen. Eine ähnliche Vergesellschaftung derselben Typen kommt auch Ende März vor. Der Umstand, dass alle diese petrographisch verwandten Typen, die im ganzen etwa 30 Fälle bilden, in oben angeführter Weise tendieren, sich um einige wenige Falldata zu sammeln, scheint mit einer ausserordentlich grossen Wahrscheinlichkeit auf gemeinsame Herkunft zu deuten, so dass die Schlüsse, welche oben bezüglich der Howardite gezogen wurden, auch zu diesen begleitenden Typen erweitert werden können.

Auffallend ist auch, dass die sehr eisenreichen Typen sich mit einem grossen Prozentsatze sämtlicher Fälle den genannten Schwärmen anschliessen. Von den acht Nickeleisen, deren Falldata angegeben sind, kommt eines in die Nähe der August- und eines in die Dezember-Howardite, eines auf dasselbe Datum und nur zwei Jahre später als der Howardit vom 14. Juli, eines (oder zwei) schliesst sich an die Ende März gefallenen howarditischen Chondrite und Chladnite an. Auch der einzige Fall von Lodranit (ein Typus, der ja den Eisenmeteoriten sehr nahe steht), ist mit den howarditischen und verwandten Typen verbunden, welche am 1. Okt. gefallen sind. Wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass die nun angeführten Typen nicht durch Zufall ihre Gruppierung bekommen haben, lässt sich nicht genau mit Ziffern ausdrücken, da eine Probabilitätsrechnung ziemlich freien Spielraum für subjektive Behandlung des Materiales zulässt.

Bezüglich der Frage, wie viele Tage man berechtigt ist, als Fallzeit eines Schwarmes zusammenzuschlagen, lässt sich natürlich keine bestimmte Zahl fixieren. Ein Zeitverlauf von einigen Tagen für die durch zahlreiche Fälle charakterisierten Schwärme (wie z. B. die Dezember-Howardite) scheint jedoch zulässig zu sein, da die rekurrenten Sternschnuppenschwärme oft eine ebensogrosse Zeitdauer aufzuweisen haben. Wenn die Fälle ausserdem eine Verschiebung der Falldaten nach einer bestimmten Richtung zeigen, wie es nach meiner Auffassung besonders für die August- und Dezember-Howardite hervortritt, welche im Laufe eines Jahrhunderts ihre Fallzeit mit einigen Tagen verändert haben, so vermindert nicht die dadurch verursachte Verbreitung der Fälle auf einige Tage die Wahrscheinlichkeit ihrer Zusammengehörigkeit.

Wenn die hier ausgesprochene Vermutung von einer Zusammengehörigkeit der Gruppe A und B miteinander und mit den Gruppen D und E[1] in der Zukunft durch neue Fälle gestützt wird, dann gewinnt man interessante Angriffspunkte für theoretische Betrachtungen über die Probleme der kosmischen Petrographie. Wollte man mit dem jetzt vorliegenden Materiale eine Hypothese aufbauen, so würden vielleicht einige Wahrscheinlichkeiten dafür zu finden sein, dass die

anorthitreichen Typen der ersten Gruppe zu den eisenreichen der letztern in etwa demselben Verhältnisse stehen wie die Anorthitgesteine und Eisenerzgesteine der ultrabasischen terrestren Magmagesteine, dass sie folglich als Differentiationsprodukte aufzufassen seien. In wie weit die chemischen und mineralogischen Verschiedenheiten der Meteoritgesteine durch magmatische Spaltungsprozesse, und in welchem Umfange sie durch ungleichmässige Aggregation der Materie des Weltraumes entstanden sind, das sind indes Fragen, die sich kaum noch beantworten lassen. Nur für eine Meteoritengruppe scheint das vorliegende Material zu erlauben, darüber eine Meinung auszusprechen. Es sind die durch Fr. Suess' hochinteressante Arbeit über die Moldavite[1]) als Meteorite gedeuteten Glasgesteine, welche in jungtertiären oder altdiluvialen Ablagerungen von Böhmen-Mähren, Ostindien und Australien gefunden werden. Die Relationen der Basen zu einander und zur Kieselsäure wechseln in den Moldaviten mit solcher Regelmässigkeit und so analog mit den Variationen in den terrestren Magmagesteinen, dass man für jene wie für diese Spaltungsvorgänge analoger Art annehmen muss. Die quantitativen Unterschiede sind freilich augenfällig, jedoch nicht grösser, als dass sie wohl durch die ganz abweichenden physikalischen Bedingungen sich erklären lassen, unter welchen die Differentiation in beiden Fällen stattgefunden haben muss. Speziell scheint die Abwesenheit oder geringe Rolle des Wassers im Moldavitmagma einen scharf hervortretenden Unterschied gegenüber dem irdischen Magma zu bezeichnen. Es ist einleuchtend, dass die stöchiometrischen Variationen in der Zusammensetzung der Moldavite durch ihre Regelmässigkeit eine jede Hypothese, dass diese Gesteine durch Mischung verschiedener Materien zustande gebracht worden seien, ausschliessen, man mag sich nun diese Mischung als durch Agglomeration im Weltraume oder als durch Kunst entstanden denken.[2])

---

[1]) Die Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser, von Dr. Franz E. Suess. Jahrb. d. Kaiserl. Reichsanstalt. Jahrg. 1900.

[2]) Da der kosmische Ursprung dieser Moldavite noch von einigen Verfassern angezweifelt wird, dürfte es nicht überflüssig sein, hervorzuheben, wie aus der chemischen Zusammensetzung ein gutes (von Suess nicht betontes) Argument für die meteorische Natur dieser Körper geholt werden kann. Wie die von Suess mitgeteilten Analysen darthun, enthalten die Moldavite nämlich mehr von den Oxyden des Eisens, Kalks und Magnesiums, weniger Alkalien als irgendwelche terrestren Magmagesteine derselben Azidität. Der Einwand, welcher sich auf die von allen früher bekannten Meteoriten abweichende Beschaffenheit der Moldavite gründet, scheint gegenüber allen von Suess angeführten Umständen, nur geringe Bedeutung zu haben. Es wäre in der That mehr sonderbar, wenn die bekannten Meteoritenfälle der letzten Jahrhunderte uns eine vollständige Probensuite der kosmischen Materien gegeben hätten, als dass neue Typen durch neue Funde oder durch Fälle früherer geologischer Perioden bekannt werden.

Für ein bestimmtes Entscheiden, ob petrographisch ähnliche oder verwandte Meteorite gleicher, bezw. naheliegender Falldaten, einem rekurrenten Schwarme gehören, isteine Statistik wie die hier dargestellte nicht hinreichend. Wenn auch mit grosser Wahrscheinlichkeit behauptet werden darf, dass die Fallzeiten mancher Meteorite für eine solche Rekurrenz sprechen, so wäre doch eine Kontrolle erwünscht, und eine solche würde in erster Linie die Bewegungsrichtungen und Radiationspunkte der einzelnen Fälle geben, wenn darüber Beobachtungen gemacht worden wären. Da die Angaben, welche zur Berechnung der Radiationspunkte dienen könnten, teils sehr mangelhaft zu sein scheinen, teils im allgemeinen nur in den ersten Notizen über einen Meteoritenfall und deshalb in einer ausserordentlich zerstreuten und schwer zugängigen Litteratur zu finden sind, so habe ich nicht eine Untersuchung der Meteoritenfälle in dieser Hinsicht unternehmen können. Vereinzelte Fälle würde ich wahrscheinlich bei einer Durchsuchung der mehr zugängigen Litteratur gefunden haben, die in dieser Hinsicht bekannt und untersucht waren, kaum jedoch so viele, dass sie zur Kontrollierung der obigen Statistik dienen könnten.

Ich habe geglaubt, dass diese statistische Studie einigen Nutzen insofern haben könne, dass man in der Zukunft mehr Gewicht auf möglichst vollständige und genaue Angaben über die Fallzeiten und Bewegungsrichtungen der Meteorite lege; es würde dann binnen einiger Jahrzehnte wahrscheinlich Material genug vorliegen für die hier behandelte Frage von der Zusammengehörigkeit mancher Meteorite und der Rekurrenz mancher Schwärme. Dass indessen eine Menge und vielleicht die Mehrzahl der Meteoritenfälle sich nicht werden in solche rekurrente Schwärmen einordnen lassen, sondern als sporadische und zufällige Erscheinungen hervorstehen werden, ist sehr wahrscheinlich; dafür sprechen schon Niessls oben erwähnte Untersuchungen über die Bewegungsgeschwindigkeiten der Feuermeteore und einiger Meteorite. Ebenso wird es aus den Analogien zwischen Kometen und Meteoriten wahrscheinlich, dass unter diesen wie unter jenen hyperbolische Bahnen in der Mehrzahl gegenüber den elliptischen sind. Wie hyperbolische Kometen an unser Planetensystem gebunden werden und elliptische Bahnen annehmen, so haben wohl auch die Meteoritenschwärme dasselbe Schicksal; und nachdem dies geschehen ist, werden sie wohl allmählich von den Planeten als Meteoritenfälle absorbiert. Dass in dieser Weise ein stetiger Zuwachs der Masse unserer Erde und übriger Planeten stattfindet, der im Laufe geologischer Zeiträume ein ansehnliches Mass erreichen möchte, kann wohl nicht bestritten werden.«

Fixsterne.

Der Potsdamer Katalog der photographischen Himmelskarte. Von demselben sind 2 Bände erschienen[1]), während die dort aufgenommenen Zonen (31—40° N.D.) im ganzen etwa 20 Bände umfassen werden, d. h. etwa 7% des grossen Umkreises der internationalen, photographischen Himmelsaufnahmen. Die genannten beiden Bände umfassen die Messungsergebnisse von 57 + 38 Platten, enthaltend 20627 + 20553 Sternpositionen. Die einzelnen Platten sind so eingestellt, dass die vier Ecken jeder Platte in die Mitten von vier Nachbarplatten fallen. Jede Stelle des Himmels also doppelt aufgenommen ist, und alle Sterne bis 11. Gr. sich auf zwei Platten finden müssen.

Aus Vorversuchen hatte sich herausgestellt, dass man am Potsdamer 34 *cm*-Refraktor etwa 5 Minuten belichten muss, um Sterne 11,0 Gr. auf der Platte deutlich zu erhalten, während die schwächsten Sterne (9.5 — 10 Gr.) der Bonner Durchmusterung, schon in 30 Sekunden sich abbilden. Bei Vergleichung von Nachbarplatten ergab sich indessen, dass gegen den Rand einer Platte hin die schwächern Sterne in verhältnismässig grosser Zahl ausbleiben.

Der Vergleich der Potsdamer Schätzungen mit den Angaben der Bonner Durchmusterung bis zu Sternen 9.5 Gr. zeigt eine starke Abhängigkeit von der Sterndichte: in sternreichen Gegenden giebt die B. Durchmusterung die Sterne zu schwach oder die Photographie die Sterne zu hell, auch übertrifft daselbst die Platte an Sternfülle die B. D. weit mehr, als in sternenarmen Himmelsgegenden, wo auch die Sterngrössen besser übereinstimmen.

Die Verteilung der Sterne 1.—9.5 Grösse ist von Stratanoff untersucht worden,[2]) auf Grund der von Argelander zu Bonn durchgeführten »Durchmusterung des Himmels« und der später von seinem Nachfolger Schoenfeld bis zu 20° südlicher Deklination weiter geführten Fortsetzung derselben. Den Rest des südlichen Himmels untersucht Stratanoff an der Hand der photographischen Durchmusterung, welche die Kapsternwarte geliefert, doch ist diese Arbeit noch nicht beendet, und seine vorliegenden Studien beschränken sich also auf den nördlichen Himmel und die Zone vom Äquator bis zum 20.° südl. Breite.

Bei diesen Untersuchungen denkt sich Stratanoff, nach dem Vorgange von Schiaparelli, den Himmel in 36 Zonen parallel dem Himmelsäquator geteilt, von denen jede 5° breit ist. Jede Zone wird dann durch Meridiane senkrecht in Trapeze zerteilt, und zwar werden diese Meridiane bis zu 50° nördl. Deklination in Abständen

---

[1]) Publ. d. Astrophys. Obs. zu Potsdam. Photogr. Himmelskarte. Bd. I, II. Leipzig 1899. 1901.

[2]) Publ. Observ. astr. de Tachkent No. 2.

von 5° gezogen, zwischen 50 und 60° Deklination in Abständen von 10°, zwischen 60 und 80° Deklination in Abständen von 15°. Die Zone zwischen 80 und 85° Deklination wird in acht gleich grosse Trapeze zerfällt und von dort bis zum Pole wird der Rest der Himmelssphäre endlich in vier gleiche Teile geteilt. Auf diese Weise zerfällt der ganze Himmel in 1800 einzelne kleine Flächenteile, von denen 1188 auf den zur Untersuchung stehenden Teil des Himmels entfallen.

Für jede dieser Flächen wurde nun unter Zugrundelegung der Rechnungen Prof. Seeligers die Anzahl der darauf entfallenden Objekte ermittelt. Diese Zahlen würden indessen für einen richtigen Überblick und vor allem für die Wiedergabe auf Karten sich nicht eignen. Stratanoff hat daher den folgenden Weg eingeschlagen. Die Anzahl der Sternobjekte, welche am nördlichen Himmel durchschnittlich auf einen jeden Grad der bezeichneten Flächen entfällt, wurde = 10 gesetzt und hiernach die relative Dichte für jeden Grad berechnet. Um ferner zufällige Ungleichförmigkeiten zu eliminieren, wurden auch die Sterndichten der an die Seiten und Ecken jedes Trapezes anstossenden Trapeze hinzugenommen und aus diesen jedesmal der Mittelwert abgeleitet. Auf einer Himmelskarte wurde dann in jedes Trapez dieser Mittelwert eingeschrieben und alle Flächen, in welchen die Zahl der Objekte grösser ist als die durchschnittliche, mit Farben bezeichnet. Diese Farben sind um so tiefer, je grösser die Sterndichte ist, so dass man mit einem Blicke übersehen kann, an welchem Orte des Himmels die grössten Sternanhäufungen sich finden, und wie die Dichtigkeit im einzelnen verteilt ist. Um die Frage nach etwaigen Beziehungen der Sterndichte zur Milchstrasse zu untersuchen, hat Stratanoff in seine Karten auch die Mittellinie der Milchstrasse eingezeichnet, und zwar in Gestalt eines grössten Kreises, dessen Pol in 12^h 49.1^m Rektaszension und 27° 30′ nördl. Deklination (für 1880.0) liegt. Denkt man sich um diesen nördlichen Pol der Milchstrasse mit ihrem Äquator parallele Kreise gezogen, so kann man diese Kreise »galaktische« Breitenkreise nennen, und Stratanoff hat auch sie in seine Karten eingetragen.

Nach diesen Vorausschickungen wenden wir uns nunmehr zu den Ergebnissen, welche Stratanoff aus den ihm vorliegenden Materialien ableitet. Er untersucht zunächst die scheinbare Verteilung der Sterne nach ihrer Helligkeit oder Grösse. Zu diesem Zwecke unterscheidet er acht Klassen. In Klasse I fasst er alle Sterne 1 bis einschliesslich 6. Grösse zusammen, also im grossen und ganzen die dem blossen Auge sichtbare Sternenschar. Zu Klasse II rechnet er die Sterne von 6.1—6.5 Grösse; zu Klasse III diejenigen der Grössen 6.6—7.0; zu Klasse IV diejenigen 7.1—7.5; zu Klasse V diejenigen 7.6—8.0; zu Klasse VI diejenigen 8.1—8.5; zu Klasse VII diejenigen 8.6—9.0; zu Klasse VIII die Sterne 9.1 bis

9.5 Grösse. Für jede dieser Klassen ist die Verteilung der Sterndichte auf die einzelnen Trapeze in einer besondern Karte dargestellt und durch farbige Unterscheidung verdeutlicht. Was die Sterne der Klasse I (1.—6.0 Grösse) anbelangt, so zeigt ihre Verteilung über die Himmelssphäre keine Beziehung zum Verlaufe der Milchstrasse, die grössten Sterndichten finden sich vielmehr entfernt von dieser. Das nämliche zeigt die Verteilung der Sterne der II. Klasse, doch erblickt man auf beiden eine Verdichtung der Sternhäufigkeit in der Nähe des Sternbildes des Schwanes, die mehr oder weniger auch auf allen andern Karten wiederkehrt. Die Sterne der Klasse III (6.6—7.0 Grösse) sind in Bezug auf die Milchstrasse mehr symmetrisch gruppiert, vielleicht symmetrischer als diejenigen irgend einer andern Grössenklasse. Die grösste Unregelmässigkeit in ihrer Verteilung zeigt sich zwischen 3^h und 7^h Rektaszension, wo die Hauptmasse der Sterne mehr gegen den nördlichen Himmelspol gerückt erscheint. Die Hauptkondensation der Sterne dieser Klasse fällt in die Gegend der Sternbilder Schwan und Leyer. Auf der IV. Karte, welche die Verteilung der Sterne 7.1—7.5 Grösse darstellt, fällt die Abwesenheit jeder Symmetrie in Bezug auf die Milchstrasse auf. Dagegen zeigt sich eine auffallende Kondensation der Sternhäufigkeit vom Sternbilde der Leyer bis zur Cassiopeja mit dem dichtesten Teile derselben im Schwane zwischen den Sternen α und γ. Zwei andere, geringere Kondensationen zeigen sich in den Sternbildern Perseus und Auriga. Auf der Karte, welche die Verteilung der Sterne 7.6—8.0 Grösse darstellt, beginnt eine gleichmässigere Kontur der Sternverteilung, und dieselbe bleibt in ihren Hauptzügen bestehen bis zur Verteilung der Sterne 9.1—9.5 Grösse, also bis zur Grenze des vorliegenden Materiales überhaupt. Die Hauptkondensation der Sterne erscheint wieder im Schwane und fällt auf Gegenden, durch welche die Milchstrasse nicht zieht. Diese Anhäufung der Sterne bis zur Grösse 9.5 in dieser Gegend des Himmels ist also eine nicht zu bestreitende Thatsache, und ebenso sicher ist, dass sie mit der Erscheinung der Milchstrasse nichts zu thun hat. Überhaupt zeigen die Karten Stratanoffs, dass die Verteilung der Sterne 1.—9.5 Grösse nicht sehr innig dem Verlaufe der Milchstrasse, ihrem Wesen nach, angepasst ist, oder, mit andern Worten, dass die Milchstrasse mit den Sternen bis zu 9.5 Grösse nichts zu thun hat. Stratanoff hat auf Grund seiner Karten eine Anzahl Sätze aufgestellt, welche das Verhalten dieser Sterne (1.—9.5 Grösse) und der Milchstrasse ausdrücken, nämlich:

1. Die Linie der grössten Sterndichtigkeit oder Sternanhäufung fällt nicht mit der Milchstrasse zusammen.

2. Der Ort der geringsten Sterndichtigkeit fällt nicht mit dem nördlichen Pole der Milchstrasse zusammen.

3. Auf den verschiedenen Seiten vom nördlichen Pole der Milchstrasse nimmt die Sternanhäufung gegen die Milchstrasse hin in

ungleicher Weise zu. Die Sterndichtigkeit bleibt grösser in der Richtung gegen den nördlichen Himmelspol hin, als auf der entgegengesetzten Seite.

4. Die Orte der geringsten Sternanhäufung liegen überall nahe beim Himmelsäquator, mit Ausnahme der schwächsten Sterne.

5. Die Orte der geringern Sterndichten, wenn sie in der Milchstrasse selbst oder nahe bei ihr liegen, zeigen sich stets nahe dem Durchschnittspunkte der Milchstrasse mit dem Himmelsäquator.

6. Südlich vom Himmelsäquator (bis 20° südl. Deklination) trifft man vom Äquator gegen den südlichen Pol der Milchstrasse hin eine Zunahme in der Häufigkeit der Sterne der Klasse I—V. Die Sterne der Klasse VI bleiben gleich häufig, aber diejenigen der Klassen VII und VIII verhalten sich umgekehrt.

7. Fasst man alle Einzelheiten zusammen, so findet man, dass die in den Sätzen 1—6 ausgesprochene Anordnung den Sternklassen I—V durchaus gemeinsam ist. Die Klassen VII—VIII zeigen die entgegengesetzte Ordnung, und Klasse VI bildet zwischen beiden Anordnungen die Grenze.

8. Die Teilung der Milchstrasse, welche sich am Himmel vom Schwane bis zum Schützen hinzieht, zeigt sich in der Verteilung der Sterne der 1.—9.5 Grösse durchaus nicht. Diese Thatsache war schon Argelander bekannt.

9. Die breiten und schmalen Stellen der Milchstrasse im allgemeinen fallen nicht mit ähnlichen Ausdehnungen der Sternhäufigkeit der Grössenklassen 1—9.5 zusammen.

10. Die hellsten Stellen der Milchstrasse fallen im allgemeinen mit den sternreichsten Gegenden der Bonner Durchmusterungen nicht zusammen.

Indem Stratanoff diese sämtlichen Thatsachen in Betracht zieht, kommt er zu folgenden Schlussfolgerungen:

Die Mehrzahl der Sterne, welche in unsern Breiten sichtbar sind, gehört zu einer gewaltigen Sternanhäufung, deren zentrale Region im Sternbilde des Schwanes sichtbar ist, aber auch einen Teil der Sternbilder Cepheus, Leyer, Fuchs und Pfeil umfasst. Diese Sternanhäufung oder, kurz gesagt, dieser Sternhaufen liegt merklich in der Ebene der Milchstrasse und macht sich bereits von den Sternen 5. Grösse ab bemerkbar; seine scheinbaren Konturen treten indessen noch deutlicher in der Anhäufung der Sterne von der 7. Grösse an hervor. Seine allgemeine Form zeichnet sich fast unverändert auch in der Verteilung der Sterne bis zur Grösse 9.5 ab. Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Sternanhäufung auch in der Verteilung der Sterne des südlichen Himmels hervortreten wird. Eine analoge, aber kleinere Sternanhäufung zeigt sich in ihrem Zentrum im Sternbilde des Fuhrmanns. Man bemerkt sie von den Sternen 6.5 — 7. Grösse an, sie findet sich auch deutlich ausgesprochen bis zu den Sternen einschliesslich 8.5 Grösse, darüber

hinaus lässt sie sich nur in Spuren erkennen. Ihre Sterndichte ist geringer als die des erstgenannten grossen Sternhaufens. Sie berührt diesen und ist möglicherweise nur ein etwas entfernter Teil desselben. Eine dritte Sternkondensation hat ihr Zentrum in den Zwillingen, im Einhorn und im grossen und kleinen Hunde, vielleicht auch noch in andern Sternbildern, jenseits von 2° südlicher Breite. Sie wird erst sichtbar in der Verteilung der Sterne von der 7.6 Grösse ab bis zu denjenigen 9.—10. Grösse, ihre Dichte ist beträchtlich, und sie umfasst einen grossen Teil des Himmels. Das sind die Folgerungen, aus den unmittelbaren Thatsachen; es fragt sich, wie sie unter höhern Gesichtspunkten zu vereinigen sind, d. h. welche Schlüsse daraus auf den Bau des Sternenhimmels gezogen werden dürfen oder müssen.

Über die Entfernungen der Fixsterne wissen wir mit wenigen Ausnahmen nichts Sicheres, ausser dass sie ungemein gross sind, so dass selbst die Entfernung der Erde von der Sonne daneben zu einer kleinen Grösse zusammenschrumpft. Die natürlichste Annahme ist ferner, dass die lichtschwachen Sterne die entferntern sind, sobald die Zahl der dabei in Betracht gezogenen Sterne gross ist. Aus dieser Voraussetzung folgt dann, dass im allgemeinen die Sterne der Klasse I uns näher sind als die der Klasse II, diese näher als die Sterne der Klasse III u. s. w. Hiernach bilden die der Klasse I eine kugelförmige Anordnung, die der Klasse II eine sphärische Schicht um diese Kugel, die der Klasse III wiederum eine sphärische Schicht um die vorhergehende u. s. f. Prüft man nun unter diesen Voraussetzungen die Stratanoffschen Karten, so finden sich so grosse Abweichungen, dass die Voraussetzung einer regelmässigen Anordnung der sämtlichen Sterne nach dem obigen Schema nur als sehr rohe Annäherung gelten kann. Stratanoff findet vielmehr wahrscheinlich, dass unsere Sonne ein Glied der ersten oben erwähnten grossen Sternanhäufung ist, und dass dieser grosse Sternhaufen von mehrern andern, kleinern, begleitet wird. Die zweite Sternanhäufung ist weiter von uns entfernt, sie erstreckt sich auf die Distanzen der Sterne 6.5—8.5 Grösse. Die dritte Sternanhäufung beginnt erst in den grossen Entfernungen der Sterne 7.6—8.0 Grösse. Möglicherweise sind diese beiden Sternhaufen auch von kleinern begleitet, indessen gestatten unsere Beobachtungen nicht, darüber etwas Bestimmtes zu äussern. Die Milchstrasse selbst betrachtet Stratanoff als bestehend aus einer unbestimmt grossen Anzahl gewaltiger Sternanhäufungen, man könnte sagen von Sternwolken, die einander so nahe stehen, dass sie sich gegenseitig berühren, und die wesentlich alle in einer Ebene liegen, welche die Ebene der Milchstrasse ist. Dieser Bau der Milchstrasse wird, wie Stratanoff mit Recht betont, auch durch die photographischen Aufnahmen derselben bestätigt, ja der Anblick einzelner Teile derselben mit blossem Auge spricht entschieden dafür. Die ganze Region

der Milchstrasse zwischen der Cassiopeja und dem Schützen macht den Eindruck, dass sie aus grossen Wolken von Sternen zusammengesetzt ist. Die dunklen Stellen, die von W. Herschel sogenannten »Öffnungen im Himmel«, sind nichts anderes als Zwischenräume zwischen den einzelnen Sternwolken, die uns den Ausblick in die unbegrenzte Tiefe eines sternleeren Raumes gestatten.

Stratanoff hat auch die Verteilung der Sterne der einzelnen Spektralklassen über den Himmel untersucht, und zwar an der Hand des Draperschen Kataloges,[1]) welcher die photographischen Spektra von 10351 Sternen aufzählt, doch sind die Ergebnisse bezüglich der Frage nach der Anordnung des Weltbaues nicht entscheidend. Wichtiger sind dagegen die Untersuchungen Stratanoffs über die Verteilung der Nebelflecke und Sternhaufen. Schon J. Herschel hat, nachdem er am Kap den südlichen Himmel durchmustert, die Verteilung der ihm bekannten 4000 Objekte der Himmelssphäre studiert. Diese Arbeit hat nach dem Erscheinen des »Generalkataloges der Nebel und Sternhaufen« A. Abbe wiederholt, und endlich ist der »Neue Generalkatalog«, welcher 7840 Objekte enthält, nach derselben Richtung hin von Bauschinger untersucht worden.[2]) Stratanoff hat seine bezügliche Arbeit auf die beiden Kataloge von Dreyer[3]), sowie auf das übrige ihm zugängliche Material gestützt und 9943 Objekte zusammengebracht, worunter 679 Sternhaufen sind. Er unterscheidet die Nebelflecke in schwache, glänzende, kleine und ausgedehnte, doch hat diese Unterscheidung mancherlei Willkürliches. Als Ergebnis findet Stratanoff, dass die Milchstrasse arm an Nebelflecken ist, dass dagegen deren Zahl in den Regionen nahe den Polen der Milchstrasse überwiegt. Nur die planetarischen und ringförmigen Nebel finden sich hauptsächlich in oder nahe der Milchstrasse. Was die Sternhaufen betrifft, so finden sich dieselben im allgemeinen am zahlreichsten in der Milchstrasse, nur die kugelförmigen Sternhaufen machen eine Ausnahme und sind nahezu gleichförmig über den ganzen Himmel zerstreut.

Zahl der Sterne bei photographischen Aufnahmen von verschiedener Dauer der Exponierung. W. Stratanoff vom Taschkentobservatorium hat hierüber eine interessante Mitteilung veröffentlicht.[4]) Im Sommer 1899 machte er am dortigen photographischen Refraktor von 33 *cm* Öffnung eine Aufnahme der Sternhaufen h und χ im Perseus von 30 Stunden Expositionsdauer, die längste Dauer, soweit bis jetzt bekannt. Die Platten wurden

---

[1]) Ann. of the astr. obs. of Harvard Coll. 27.

[2]) Vierteljahrsschrift der deutsch. astron. Gesellsch. 24. p. 45.

[3]) A New General Catalogue of Nebulae and Clusters of stars. Mem. of the R. A. S. 1888, XLIX. Index Catal. of Nebulae found in the years 1888—1894. Mem. of the R. A. S. 1895. LI.

[4]) Astron. Nachr. No. 3710.

während zehn Nächten, vom 5. — 17. August, exponiert, trotzdem sind die Scheibchen der Sterne genügend rund, und die aufmerksamste Prüfung der Platten zeigt nirgendwo die geringste Spur von Nebeligkeit. Die Gesamtzahl der dargestellten Sterne ist nicht so bedeutend, als man bei diesem mitten in der Milchstrasse liegenden Sternhaufen hätte erwarten können; sie beträgt auf einer Fläche des Himmels von vier Quadratgrad 45 000 Sterne. Augenscheinlich sind die beiden Haufen h und χ im Perseus nicht sehr reich an Sternen, was auch durch das Studium der Verteilung der Sterne der verschiedenen Grössenklassen in diesem Haufen bestätigt wird.[1] Die photographischen Aufnahmen mit langen Expositionen haben für das Studium über den Bau des Universums eine grosse Tragweite. Aus diesem Grunde giebt W. Stratanoff einige Sternzählungen pro Quadratgrad in identischen Regionen des Himmels, aber bei verschiedener Expositionsdauer der Platten. Es sind folgende:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad.
Plejaden.	
0.1 h	100
0.3	160
3.0	600
10.0	1300
24.0	1700
Ringnebel in der Leyer.	
0.5 h	600
0.4	1900
1.0	6000
20.0	10000
Sternhaufen h und χ im Perseus.	
0.1 h	250
0.4	600
2.0	2000
5.0	4500
30.0	11000

Zur Ergänzung fügt Stratanoff noch einige Zählungen auf Clichés bei, die am Kap mit einem gleichgrossen Instrumente erhalten wurden, und zwar in der Umgebung von η Argus:

Expositionsdauer	Zahl der Sterne pro Quadratgrad
3¼ h	10000
12	50000
24	100000

Man darf übrigens nicht übersehen, dass alle diese sternreichen Gegenden nahe der Milchstrasse sich befinden.

Parallaxenbestimmung von südlichen Fixsternen. Auf dem Kapobservatorium sind seit 1887 mit einem ausgezeichneten 7-zolligen Heliometer Untersuchungen über die Parallaxen einer Anzahl von Sternen des Südhimmels ausgeführt worden. Die Er-

[1]) Publ. de l'obs. de Taschkent No. 2. p. 28.

gebnisse derselben, welche das höchste Interesse beanspruchen dürfen, wurden von Sir David Gill im 8. Bande der »Annals of the Royal Observatory Cape of Good Hope« veröffentlicht. An Genauigkeit wetteifern diese Messungen mit den vorzüglichsten, welche zur Zeit vorhanden sind, und übertreffen die früher am Kap mit einem 4-zolligen Heliometer erhaltenen Messungen um das Sechsfache an Zuverlässigkeit. Als Endresultate werden angegeben für die Parallaxe π und die wahrscheinlichen Fehler $\pm$ derselben:

Sirius	— 1.8	Grösse. π =	0.370″	± 0.010″
Canopus	— 1.0	„	0.000	± 0.010
Rigel	0.35	„	0.000	± 0.010
Achernar	0.5	„	0.043	± 0.015
β Centauri	0.8	„	0.046	± 0.017
α Crucis	1.0	„	0.050	± 0.019
Spica	1.2	„	—0.019	± 0.010
Fomalhaut	1.3	„	0.130	± 0.014
α Scorpii	1.3	„	0.021	± 0.012
β Crucis	1.5	„	0.060	± 0.008
α Gruis	1.9	„	0.015	± 0.007
β Hydri	2.9	„	0.134	± 0.007
T Ceti	3.6	„	0.310	± 0.012
Lacaille 2952	6.0	„	0.064	± 0.024
P. XIV 212	{A 6.3 / B 7.9}	„ / „	0.167	± 0.008
ZCV 243	8.5	„	0.312	± 0.016

Diese für die Parallaxen erhaltenen Werte bestätigen aufs neue die Erscheinung, dass die Parallaxen der Fixsterne um so kleiner ausfallen, je genauer die Messungen sind, das heisst dass wir mit sehr wenigen Ausnahmen von den Parallaxen der Fixsterne nichts Zuverlässiges wissen. Aus der obigen Reihe sind auch wohl nur die Parallaxe des Sirius, von T Ceti und des Sternes Z C V 243 als einigermassen verbürgt zu betrachten, das heisst die erhaltenen Werte zeigen an, dass mit unsern heutigen Mitteln bei diesen Sternen messbare Parallaxen von der Ordnung der in der Tabelle enthaltenen vorhanden sind. Ein Zusammenhang zwischen Parallaxenwert und scheinbarer Grösse der Sterne zeigt sich nicht.

Durchschnittliche Fixsternparallaxen. Prof. Kapteyn in Groningen hat eine umfangreiche Untersuchung über mittlere Fixsternparallaxen angestellt,[1]) bei welcher die Eigenbewegungen und scheinbaren Helligkeiten genauer bestimmt sind. Es wurden dabei die Parallaxenmessungen auf der Kapsternwarte, die Bestimmungen von Elkin am Yaleobservatorium, die heliometrischen Parallaxenbestimmungen von Peter in Leipzig, Prof. Kapteyns eigene Resultate, die von Flint bestimmten Parallaxen, sowie einige andere benutzt. Als mittleres Ergebnis aus allem benutzten Materiale findet sich

---

[1]) Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen. No. 8.

folgende Parallaxe für die entsprechende mittlere Helligkeit und Eigenbewegungen von Fixsternen:

Mittlere Helligkeit der Sterne	Mittlere jährliche Eigenbewegung	Mittlere Parallaxe
6.15 Grösse	4.33″	0.257″
5.31 „	1.43	0.135
4.46 „	0.50	0.164

Diese Zahlen sind Rechnungsergebnisse, denen eine bestimmte physische Bedeutung nicht beigelegt werden darf. Ihre Bedeutung liegt darin, zu zeigen, dass eine Beziehung zwischen Parallaxe und Eigenbewegung der Fixsterne nicht erkennbar ist.

Die Wärmestrahlung einiger Fixsterne ist auf der Yerkessternwarte von E. F. Nichols mit einem überaus empfindlichen Radiometer gemessen worden. Die Messungen ergaben für Wega, Arktur und Jupiter positive Werte, während das Ergebnis für Saturn an der Grenze der Empfindlichkeit des Apparates liegt. Wurde die Absorption der Strahlung in der Atmosphäre unter Benutzung der Müllerschen Extinktionstabelle berücksichtigt, so fanden sich folgende relative Werte für die Wärmestrahlung: Wega = 1, Arktur = 2.2, Jupiter = 4.7, während die Helligkeitsverhältnisse dieser Sterne sind: Wega = 1, Arktur = 1, Jupiter = 7.9. Hiernach würde der (rötliche) Arktur uns mehr Wärme zusenden als die (weisse) Wega, und Jupiter am meisten, wenngleich im Verhältnisse zu seiner Helligkeit am wenigsten.

Spektroskopische Eigenbewegung von Fixsternen. Prof. W. W. Campbell teilt von neuen Ergebnissen, welche mit den Mills' Spektrographen am 36-Zoller der Licksternwarte erhalten sind, folgendes mit.[1]) Die meisten Photographien aus denen die Resultate abgeleitet wurden, sind vom Assistentastronomen W. G. Wright, die übrigen von Dr. Reese und Prof. Campbell aufgenommen worden.

1. Sterne mit veränderlicher Geschwindigkeit in der Gesichtslinie. π Cephei (α 23^h 5^m, δ + 74° 51′). Der Doppelsterncharakter dieses Fixsternes wurde schon im August 1899 vermutet, spätere Messungen bestätigten ihn. Die Messungen der spektroskopischen Aufnahmen ergaben folgende Geschwindigkeit in der Sekunde (— bedeutet Annäherung an die Erde, + Entfernung von derselben):

1899 August	8 :	— 33 *km*
„	23 :	— 36 „
„	29 :	— 37 „
1900 Oktbr.	7 :	— 5 „
Dezbr.	24 :	— 23 „

0_1 Cygni (α 20^h 10^m, δ + 46° 26′). Die Veränderlichkeit der Eigenbewegung wurde im Juli 1900 erkannt. Folgende Messungen sind bis jetzt erhalten worden:

[1]) Lick-Observatory. Bulletin No. 4.

1899	Juni	20	— 12 *km*
	Juli	2	— 11 „
1900	Juli	30	— 3 „
	August	12	— 3 „
	Oktbr.	7	± 0 „
1901	Juni	5	+ 3. „

Auf der Harvardsternwarte wurde gefunden, dass dieser Stern ein zusammengesetztes Spektrum besitzt.[1])

ξ Piscium (α 1^h 48^m, δ + 2° 42′). Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde in September 1900 entdeckt; sie rangiert gemäss der bisherigen Aufnahmen zwischen + 25 und + 35 *km*.

τ Persei (α 2^h 47^m, δ + 52° 22′). Im Oktober 1900 als Stern von veränderlicher Geschwindigkeit erkannt. Es liegen bis jetzt sechs Messungen vor; die früheste 1898 Oktbr. 26 ergab + 10 *km*, die jüngste 1900 Dezbr. 17 dagegen — 4 *km*. Auch dieser Stern besitzt nach den Beobachtungen der Harvardsternwarte ein zusammengesetztes Spektrum.

ξ^1 Ceti (α 2^h 8^m, δ + 8° 23′) Im Oktober 1900 als Stern mit veränderlicher Geschwindigkeit erkannt; letztere schwankt nach den fünf bisherigen Aufnahmen zwischen — 9 und + 4 *km*.

ε Hydrae (α 8^h 42^m, δ + 6° 48′). Die veränderliche Geschwindigkeit dieses Sternes wurde im Dezember erkannt. Folgende Ergebnisse darüber liegen vor:

1899	November	27 :	+ 43 *km*
	Dezember	26 :	+ 43 „
1900	Dezember	3 :	+ 35 „
	„	24 :	+ 40 „
1901	April	23 :	+ 32 „

2. Geschwindigkeit im System δ Equulei. Dieser Doppelstern wurde 1852 als solcher von Otto Struve erkannt und die Umlaufszeit zu 11.4 Jahren angenommen. Indessen zeigte im September 1900 Aitken, dass diese Bahn den Beobachtungen nicht mehr genügt, und Hussey machte wahrscheinlich, dass die Umlaufsdauer nur 5.7 Jahre beträgt.[2]) Ende Juni 1900 ergab die Aufnahme mit dem Millsspektrographen als Eigengeschwindigkeit des Sternes — 14 und — 13 *km*. Neue Aufnahmen im Frühlinge 1901 liessen die Spektra beider Komponenten deutlich erkennen und führten auf eine relative Geschwindigkeit von etwa 35 *km*. Die nächsten Monate werden nun die Entscheidung bringen können, ob die Umdrehungsperiode 5.7 Jahre beträgt oder länger ist.

3. Radialgeschwindigkeit im Systeme des Polarsternes. Im August 1899 wurde mit dem Millsschen Spektrographen erkannt, dass der Polarstern dreifach ist. Wenige Aufnahmen genügten zum Nachweisse, dass die hellere Komponente sich um den mit einem unsichtbaren Begleiter gemeinsamen Schwerpunkt in

[1]) Annals H. C. U. 28. p. 93.
[2]) Publ. a. d. P. 12. p. 215.

3^d 23^h bewegt. Die Beobachtungen bis 1899 lieferten als genauern Wert dieser Periode: 3^d 23^h 14.3^m. Die Geschwindigkeit des Zentrums der Masse dieses Systemes variiert zwischen — 18.0 *km* (1896) und — 11.8 *km* (1899), woraus folgt, dass dieses Massenzentrum zusammen mit einem dritten Begleiter noch eine Bewegung von längerer Periode besitzt. Neuere Messungen bis Mitte 1901 haben dies bestätigt.

4. Die radialen Geschwindigkeiten von α Persei und ϑ Ursae majoris betragen resp. 2.0 und 14.7 *km* nach den Messungen der Spektrogramme, welche mit dem Millsschen Spektrographen aufgenommen wurden. Für jenen Stern hatte Newall, für diesen Belopolsky veränderliche Geschwindigkeiten gefunden, beider Angaben werden also nicht bestätigt.

5. Die veränderliche Geschwindigkeit von δ Orionis in der Gesichtslinie ist von Deslandres entdeckt worden. Sie wird durch folgende drei Aufnahmen von Wright bestätigt:

1900 August 12 : + 3 *km*
„ 20 : + 51 „
Septbr. 17 : — 69 „

6. Die Geschwindigkeit des Sternes Groombridge 1830 in der Gesichtslinie. Dieser Stern besitzt die starke Eigenbewegung von 7.05″ pro Jahr in seiner Parallaxe, ist nach Newcomb wahrscheinlich 0.14″; woraus folgen würde, dass seine wahre Geschwindigkeit senkrecht zur Gesichtslinie 240 *km* in der Sekunde betragen würde. Es ist sonach von grösster Wichtigkeit, die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie durch den Spektrographen zu bestimmen. Dies ist auf der Licksternwarte befriedigend gelungen. Die beiden besten Spektrumaufnahmen 1901 März 18 und April 1 ergaben — 93 und 97 *km* Geschwindigkeit in der Sekunde, im Mittel — 95 *km* mit einer möglichen Unsicherheit von etwa ± 5 *km*. Der Stern ist 6.5 Gr. und sein Spektrum vom Typus des Sonnenspektrums.

Die Bahn des Doppelsternes η Cassiopejae ist von W. Doberck unter Zuziehung der Beobachtungen bis zum Jahre 1901 neu berechnet worden. Die Bahnelemente, welche er als die wahrscheinlichsten betrachtet, sind folgende:

Umlaufsdauer (P) = 327.87 Jahre.
Zeit des Periastrons (T) = 899.00.
Halbe grosse Axe der scheinbaren Bahn (a) = 9.48″.
Exzentrizität (e) = 0.4091.
Knoten (Ω) = 78° 48′.
Entfernung des Knotens vom Periastron (λ) = 131° 36′,
Neigung der Bahnebene gegen die Himmelskugel (γ) = 32° 17′.

Nimmt man die von O. Struve gefundene Parallaxe von η Cassiopejae als richtig an, so ergiebt sich aus den obigen Bahn-

elementen, dass die Summe der Massen beider Komponenten 2.17 mal so gross ist als die Masse unserer Sonne.

Bahnbestimmung des Doppelsternes Σ 367. Ein solche hat Prof. D. S. von Glasenapp ausgeführt.[1]) Der Ort des Sternes für 1900,0 ist: $\alpha = 3^h\ 8^m\ 54^s$, $\delta = +3°21'58''$. Der höchste ist 7.8, als Begleiter 7.9 Gr. Bis 1899 hatte der Begleiter einen Bogen von 93° beschrieben.

Aus den Beobachtungen hat der Berechner neun Normalörter gebildet und aus diesen folgendes definitive Elementarsystem abgeleitet:

$$
\begin{aligned}
T &= 1912.10 \\
U &= 224.0 \text{ Jahre} \\
n &= -1.6076° \\
\Omega &= 70.70° \\
\lambda &= 49.40° \\
i &= 10.31° \\
a &= 0.64'' \\
e &= 0.58
\end{aligned}
$$

Bahnbestimmung des Doppelsternes ζ Herculis. Eine eingehende Untersuchung alles über diesen Doppelstern vorhandenen Beobachtungsmateriales hat unlängst T. Lewis ausgeführt.[2]) Der Ort des Hauptsternes ist (für 1900) Rektaszension $16^h\ 37^m\ 31^s$ Deklination $+31°46'59''$, seine scheinbare Helligkeit 3.0 Grösse und gelb, der Begleiter 6.5 Grösse und bläulichgrün. Die Untersuchungen von Lewis erstrecken sich auf eine Diskussion aller Mikrometermessungen, welche über das Sternpaar vorliegen, sowie der Meridianbeobachtungen und deren Kombination mit den mikrometrischen Messungen, dann auf Ableitung der daraus folgenden Ergebnisse und Bemerkungen über Helligkeit, Farbe und Eigenbewegung des Doppelsternes.

Die Mikrometermessungen beginnen mit den Messungen Struves 1826.6 und schliessen mit 1900.6, umfassen also einen Zeitraum von 74 Jahren, entsprechend mehr als zwei Umläufen des Begleiters. Regelmässige Meridianbeobachtungen des Hauptsternes liegen seit 1850 nur von der Greenwicher Sternwarte vor, doch schien es wünschenswert, auch frühere, wenn auch vereinzelte Meridianbeobachtungen als Vergleich benutzen zu können, und Lewis hat diese, soweit als erreichbar, gesammelt und diskutiert.

Um zunächst einen allgemeinen Überblick über die Messungsergebnisse in Bezug auf die Stellung des Begleiters zu dem Hauptsterne zu gewinnen, hat Lewis alle Beobachtungen der Distanzen und Positionswinkel nach Jahren geordnet und in einer Figur zusammengestellt. Die Herschelsche vereinzelte Beobachtung von 1782 ist auch eingetragen, ebenso die Richtung (Positionswinkel), in welcher der Begleiter 1803 stand. Zuverlässige Beobachtungen

[1]) Astron. Nachr. No. 3669.
[2]) Monthly Notices 61. No. 2. p. 74.

beginnen mit 1827, und die Örter des Begleiters seit diesem Jahre, gemäss den Beobachtungen, wurden durch eine Linie miteinander verbunden. Man sieht sogleich, dass der Begleiter bis 1900 mehr als zwei volle Umläufe um den Hauptstern A gemacht hat, aber auch zeigt sich, dass sämtliche Beobachtungen nicht durch eine und dieselbe Ellipse dargestellt werden können. Die Positionen von 1832 bis 1860 liegen innerhalb der krummen Linie, welche die Positionen von 1867 bis 1895 darstellt. Infolgedessen hat Lewis jede dieser beiden Positionen getrennt für sich untersucht und dargestellt. In ähnlicher Weise die Positionen von 1867 bis 1899 und diejenige Ellipse, welche ihnen am besten entspricht. Beide Ellipsen stellen demnach die scheinbare Bahn dar, welche während der betreffenden Periode der Begleiter am Himmel um seinen Hauptstern beschrieben hat. Aus diesen scheinbaren hat dann Lewis die wahren Bahnen durch Rechnung abgeleitet und findet dafür;

Zeit des Periastrons P	1864.03	1898.09
Umlaufsdauer, Jahre T	32.4	33.9
Halbe grosse Axe der Bahn a	1.25″	1.40″
Exzentrizität e	0.504	0.560
Knoten Ω	25° 29′	40° 59′
Neigung der Bahn γ	46° 42′	50° 18′
Winkel zwischen Knoten und Periastron λ .	254° 36′	258° 48′

Bei diesen Berechnungen sind die Beobachtungen von 1782, 1803, 1826 und 1829, weil vereinzelt, nicht berücksichtigt worden. Dagegen hat früher (1842) Mädler eine Bahnberechnung dieses Doppelsternes ausgeführt, bei welcher die hier ausgeschlossenen Beobachtungen naturgemäss eine grosse Rolle spielen. Stellt man diese Rechnung Mädlers mit den obigen beiden Bahnberechnungen in chronologischer Ordnung zusammen, so erhält man für die Bahnelemente des Begleiters folgende Übersicht:

	T	P	a	e	Ω	γ	λ
1.	1829.50	31.46	1.19″	0.455	39°	51°	262°
2.	1864.03	32.4	1.25	0.504	35	47	255
3.	1898.09	33.9	1.40	0.560	41	50	259

Vergleicht man diese Bahnelemente miteinander, so erkennt man in P, a und e eine deutliche Zunahme; ferner ergiebt sich die Umlaufsdauer (T) aus der Bewegung in jeder der drei Ellipsen abgeleitet, wesentlich verschieden von derjenigen, welche man erhält, wenn man die Zeiten des Periastrons (P) miteinander vergleicht, und woraus sich im Mittel die Umlaufsdauer zu 34.3 Jahren ergiebt. Die Knotenlinie und die Neigung der Bahn sind dagegen augenscheinlich ziemlich unverändert geblieben. Die Zeichnungen zeigen, dass die gemessenen Distanzen des Begleiters vom Hauptstern periodisch grösser und kleiner sind, als die mittlere Bahn; dies deutet darauf, dass noch ein dritter Körper in dem Systeme vorhanden, also entweder der Hauptstern oder der Begleiter wiederum doppelt ist und sich mit dem sichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt bewegt.

Dem Berechner Lewis schien es gemäss den Mikrometermessungen am wahrscheinlichsten, dass der Begleiter doppelt ist; aber eine Untersuchung der sehr genauen Greenwicher Meridianbeobachtungen hat dann ergeben, dass wahrscheinlich der Hauptstern des Systems für sich doppelt ist, und die Bewegung um den Schwerpunkt beider die periodischen Änderungen des scheinbaren Abstandes des sichtbaren Begleiters verursacht. Nach einem Überschlage dürfte die Umlaufsdauer des unsichtbaren Begleiters etwa zwölf Jahre betragen und die halbe grosse Axe seiner Bahn 0.25″. Ob es möglich wird, falls dieser Begleiter nicht allzu lichtschwach ist, denselben unter günstigen Verhältnissen an den grossen Teleskopen zu erkennen, muss dahin gestellt bleiben.

Was die Farbe des Hauptsternes anbelangt, so wird sie übereinstimmend als gelb und die Helligkeit als 3.0 Grösse angegeben. Bezüglich des Begleiters sind die Angaben dagegen nicht in guter Übereinstimmung. Aber man darf nicht vergessen, dass der Begleiter seinem Hauptsterne sehr nahe steht, und der Farbenton immer ein schwacher ist, Täuschungen also leicht vorkommen können. Der Hauptstern von ζ Herculis ist auch spektroskopisch auf seine Bewegung in der Gesichtslinie zur Erde untersucht worden, und zwar von Belopolsky, Campbell und Newall. Indem Lewis diese Messungen zu Mittelwerten vereinigt, findet er folgende Geschwindigkeiten in Kilometern pro Sekunde:

1893.4	— 68.0
1897.9	— 69.9
1808.7	— 71.6

Diese Daten zusammen mit den Bahnberechnungen des Begleiters setzen in den Stand, die Parallaxe des Systems zu berechnen, und Lewis findet dafür die Werte 0.157″ und 0.134″ und nimmt dieselben im Mittel zu 0.14″ an. Daraus folgt dann weiter.

Gesamtmasse des Systems	0.89 der Sonnenmasse
Masse jedes der beiden Sterne	0.44 „ „
Mittlere Distanz derselben	925 Millionen Miles
Mittlere Geschwindigkeit in der Bahn .	2.7 Miles per Sek.
Geschwindigkeit in der Gesichtslinie beim Knoten	42.5 „ „ „
Geschwindigkeit der Annäherung an die Sonne	44.3 „ „ „
Eigenbewegung in Deklination . . .	8.7 „ „ „
Eigenbewegung in Rektaszension . .	10.0 „ „ „
Eigenbewegung im Raume	31.0 „ „ „

Die Werte für die Parallaxe und daher auch die angegebenen absoluten Werte für die Dimensionen des Sternpaares sind indessen noch sehr unsicher, weil im vorliegenden Falle ein Fehler von nur 1 *km* in der spektroskopischen Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit in der Gesichtslinie schon einen grossen Einfluss auf die Bestimmung der Parallaxe ausübt.

Der spektroskopische Doppelstern Mizar bildete den Gegenstand spektralphotographischer Aufnahmen auf dem Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam, über welche H. C. Vogel der Berliner Akademie eine vorläufige Mitteilung machte. [1]) Die hellere Komponente dieses bekannten Doppelsternes (ζ Ursae majoris) ist nach den auf dem Harvard College Observatory Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts erhaltenen photographischen Aufnahmen des Spektrums selbst wieder ein Doppelstern. Aus dem zahlreichen Beobachtungsmateriale [2]) ist abgeleitet worden, dass beide Komponenten hell sind und ein Spektrum der I. Spektralklasse zeigen. Die Bewegung der Komponenten giebt sich durch eine zeitweilige, nur kurz anhaltende Verdoppelung der Spektrallinien kund, die mit einiger Regelmässigkeit alle 52 Tage eintritt. Aus der Verschiebung der Spektrallinien resultiert als grösste relative Geschwindigkeit beider Körper etwa 100 miles (160 *km*). Nach Pickering [3]) entspricht den Beobachtungen die Annahme einer stark exzentrischen elliptischen Bahn, deren grosse Axe nahezu senkrecht zum Visionsradius gelegen ist. Nur zur Zeit des Periastrons, alle 104 Tage, würde dann die in die Gesichtslinie fallende Komponente der Bewegung eine Grösse erreichen, dass die Linien des aus der Übereinanderlagerung der Spektra der beiden Komponenten gebildeten Spektrums getrennt sind, während sie zur Zeit des Apastrons infolge der geringern Geschwindigkeit in der Bahn jedoch nur stark verbreitert oder verwaschen erscheinen.

Nach den Cambridger Beobachtungen sollen aber Unregelmässigkeiten vorkommen, so dass bis jetzt die Verhältnisse über das System als noch nicht ganz aufgeklärt anzusehen waren.

Die Potsdamer Beobachtungen aus den Jahren 1889 und 1890 sind zu wenig zahlreich und liegen zu weit auseinander, um zur Entscheidung hierüber beitragen zu können; anders aber verhält es sich mit den im März und April 1901 dort von Dr. Eberhard und Dr. Ludendorff mit dem Spektrographen IV am 33 *cm*-Refraktor ausgeführten sehr schönen Spektralaufnahmen des interessanten Doppelsternes, deren Ausmessung Prof. Vogel vorgenommen hat.

Über die Spektra bemerkt er, dass sie linienarm sind (Kl. I a 2), dass zur Zeit, wo die Linien der Spektra beider Komponenten nahezu zusammenfallen, in dem zur Untersuchung gelangenden Teil des Spektrums (λ 4120 bis λ 4500) ausser der breiten Linie Hγ und der stets kräftig hervortretenden Magnesiumlinie λ 4481 mehrere der stärksten Linien des Eisenspektrums und einiger anderer Elemente (z. B. Silicium) sehr schwach angedeutet sind. Sind die Spektra stärker gegeneinander verschoben, so werden die meisten Linien, die nun als Doppellinien erscheinen, so schwach, dass die Messungen ihres

[1]) Sitzungsber. d. Königl. preuss. Akad. **23.** 4. p. 534.
[2]) 113 Photographien, 80 Beobachtungsabende.
[3]) Monthly Notices **50.** p. 297.

Abstandes nur mit Mühe gelingen. Auf einigen Platten konnte dann sogar nur die Magnesiumlinie λ 4481 gemessen werden, während auf besonders guten Platten sich ausser an einigen Linien des Eisenspektrums, besonders bei weiter Trennung, auch Messungen an der Linie H γ ausführen liessen.

Im allgemeinen sind die Messungen, entweder infolge der ausserordentlichen Feinheit oder, bei den Magnesium- und Wasserstofflinien wegen zu grosser Breite und Verwaschenheit der Linien, schwierig.

Die Magnesiumlinien erscheinen auf mehrern Platten ungleich breit, und Prof. Vogel hat versucht, ob ein Wechsel in diesem Verhalten nach einer Deckung eintritt — wie er das früher bei β Aurigae, wo bekanntlich ebenfalls periodische Verdoppelungen der Spektrallinien auftreten, beobachten konnte [1] —, ist aber bisher zu keinen übereinstimmenden Resultaten gekommen. Er hält es jedoch nicht für ausgeschlossen, dass aus einer grössern Anzahl von Beobachtungen auch darüber Sicherheit zu erlangen sein wird.

Messungen über die Bewegungen des Systems in der Gesichtslinie sind an Platten ausgeführt worden, auf denen die Linien nicht mehr als doppelt zu erkennen waren. Sie besitzen keine grosse Sicherheit, indem die Distanzen zwischen den einzelnen Linien des Sternspektrums und den entsprechenden Linien des Eisenspektrums stärkere Abweichungen zeigen, als bei Aufnahmen mit dem vorzüglichen Apparate zu erwarten ist. Es kann das, nach Prof. Vogel, darin begründet sein, dass bei der nicht vollkommenen Deckung der Spektra die Komponenten verschiedener Linienpaare nicht dieselben Intensitätsunterschiede besassen, dass also bei einer der einfach erscheinenden Linien die mehr nach Rot gelegene Komponente die stärkere, bei einer andern Linie die mehr nach Violett gelegene Komponente die stärkere war, und dadurch eine verschiedene Auffassung der Linienmitte verursacht wurde. Endlich hat Prof. Vogel noch versucht, ob mit Berücksichtigung der Bewegung des Systems in der Gesichtslinie eine Verschiebung der Mitte der Linienpaare gegen die entsprechende Linie des Vergleichsspektrums in den verschiedenen Phasen der Periode stattfindet, um über das relative Verhältnis der Massen beider Körper Aufschluss zu erhalten; das bisherige Beobachtungsmaterial ergab sich aber für diese Untersuchung als unzureichend. Der Stern wird in Potsdam noch weiter verfolgt werden, um derartige Verhältnisse zu ergründen, besonders aber um die Periode so genau zu bestimmen, dass ein Anschluss an frühere Beobachtungen möglich wird.

Für die Bewegung des Systems ergiebt sich nach Prof. Vogels Messungen der Wert von — 16 *km* in der Sekunde. Als wahrscheinlichste Dauer der Periode ergiebt sich 20.6 Tage.

---

[1] Publikationen des Astrophysik. Obs. 7. p. 143.

Nach den Berechnungen Dr. Eberhards mittels der von Lehmann-Filhés gegebenen Formeln [1]) ergiebt sich für den Zeitpunkt, in welchem die Komponente der Bahnbewegung in der Richtung der Gesichtslinie zur Erde gleich Null war: $T_0 = 1901$ März 28.60. Exzentrizität des Bahn $e = 0.502$, halbe grosse Axe $a = 35$ Millionen Kilometer, Gesamtmasse beider Sterne = 4 Sonnenmassen. Ist die Bahnebene gegen die Gesichtslinie geneigt, so sind die wahren Dimensionen grösser.

Weitere Untersuchungen über das spektroskopische Doppelsystem Mizar hat Prof. Vogel seitdem veröffentlicht.[2]) Es wurden nämlich, Dank der günstigen Witterung bis Mitte 1901 zu Potsdam noch weiter 30 Spektrogramme erhalten, die Prof. Vogel dann ausgemessen hat. Die Berechnung ergab unter Benutzung sämtlicher Messungen folgende Bahn: unter Annahme einer Kreisbahn = 20.55 Tage. $T_0 = 1901$ März 28.82 m. Zt. Potsdam (relative Bewegung im Visionsradius = 0). $T = 1901$ März 29.01, $\omega = 98^0\ 22'$, $e = 0.521$, $\log \mu = 9.4864$, $\mu = 17^0$, 561, a sin c = 33 Millionen Kilometer, Summe der Massen $= \frac{3.5}{\sin^3 i}$ Sonnenmassen.

Doppelsternbeobachtungen auf der Licksternwarte. W. J. Hussey hat eine systematische Durchforschung des Himmels nach engen Doppelsternen mit den grossen Hilfsmitteln der Licksternwarte begonnen. In kleinen Karten wurden alle Sterne der Bonner Durchmusterung (B. D.) bis zur Grösse 9.1 eingetragen, und jeder Stern wird unter möglichst günstigen Umständen auf Duplizität geprüft. Bis jetzt hat Hussey vier Verzeichnisse von durch ihn neu entdeckten Doppelsternen veröffentlicht,[3]) welche übersichtlich folgenden Inhalt haben:

Distanz der Komponenten	Katalog No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	Anzahl
0.25″ u. darüber	3	9	5	13	30
0.26″—0.50″	12	16	12	30	70
0.51″—1.00″	24	22	20	24	90
1.01″—2.00″	29	26	25	18	98
2.01″ u. darüber	32	27	38	15	112

Der vierte Katalog zählt 100 neue Doppelsterne auf. Er giebt die Bezeichnungen der Sterne in der Bonner Durchmusterung (B. D.), die scheinbaren Örter für 1900, die Zeiten der Messungen, die Positionswinkel p, die Distanzen d und die Helligkeiten der Komponenten nach Grössenklassen. Das nachfolgende Verzeichnis enthält die Resultate der Messungen:

[1]) Astron. Nachr. No. 3242.
[2]) Archives Neérlandaises de Sciences exactes et naturelles 1901 p. 661.
[3]) Astron. Journal No. 480. 485. 494 u. Lick Observ. Bulletin No. 12.

Bezeichnung des Sternes	Rektasz. h	m	s	Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
Hu. 301. DM. +10°541	4	3	38	+10°30.0′	8.5 u. 9.6	1901.39	299.8°	0.75″
302. DM. +22°651	4	7	17	+22 42.2	9.5 u. 9.5	1901.72	164.1	0.25
303. DM. +21°639	4	18	6	+21 18.5	8.5 u. 12.0	1901.79	199.1	2.15
304. 66 Tauri	4	18	25	+ 9 13.7	5.9 u. 5.9	1901.39	23.9	0.25
305. DM. +20°783	4	31	1	+20 50.5	9.0 u. 10.2	1901.79	277.0	2.21
306. DM. −17°4300	15	13	49	−17 58.2	9.5 u. 9.8	1901.58	123.4	0.27
307. DM. −16°4067	15	17	2	−16 33.8	9.1 u. 9.5	1901.55	2.9	2.98
308. DM. −15°4103	15	20	9	−15 22.2	9.0 u. 12.1	1901.57	297.9	0.58
309. DM. −16°4086	15	10	56	−16 44.5	9.0 u. 10.0	1901.56	51.3	1.49
310. DM. −14°4209	15	22	53	−14 23.7	9.1 u. 12.7	1901.58	249.7	0.89
311. DM. −16°4269	16	13	58	−16 14.6	8.5 u. 12.2	1901.59	216.4	1.16
312. DM. −17°4630	16	40	29	−17 9.7	8.6 u. 8.8	1091.62	87.1	3.66
313. DM. −17°4630	16	40	50	−17 32.3	9.3 u. 10.5	1901.63	311.7	0.37
314. DM. +18°3566	18	4	6	+18 37.2	8.3 u. 8.5	1901.50	146.6	0.35
315. DM. +23°3272	18	4	53	+23 33.4	9.3 u. 9.3	1901.69	47.1	0.44
316. DM. +18°3578	18	5	57	+18 15.4	9.0 u. 10.1	1901.50	156.8	1.75
317. DM. +17°3470	18	6	54	+17 11.9	8.5 u. 8.8	1901.54	21.4	1.87
318. DM. +23°3283	18	10	25	+23 33.4	10.0 u. 11.0	1901.69	166.2	0.61
319. DM. +22°3325	18	12	16	+22 47.0	9.2 u. 9.6	1901.69	71.7	0.34
320. DM. +16°3515	18	24	11	+16 9.9	9.2 u. 9.6	1901.60	143.7	2.04
321. DM. +23°3357	18	27	32	+23 5.7	9.3 u. 11.1	1901.66	340.1	4.41
322. DM. +17°3627	18	29	20	+17 39.3	8.0 u. 8.2	1901.61	86.3	0.19
323. DM. +21°3495	18	32	32	+21 15.0	8.9 u. 10.2	1901.75	152.8	0.22
324. DM. +21°3518	18	36	36	+21 36.1	9.1 u. 11.0	1901.75	113.2	0.63
325. DM. +20°3919	18	40	1	+20 46.2	9.3 u. 10.0	1901.77	12.6	0.32
326. DM. +23°3463	18	44	28	+23 23.5	8.7 u. 9.0	1901.79	101.3	0.24
327. DM. +21°3565	18	45	29	+21 17.4	9.0 u. 9.1	1901.79	97.0	0.25

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Dekl.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s	° ′			°	″
Hu. 328. DM. + 20°3950	18	45	42	+20 36.4	9.0 u. 10.3	1901.79	189.0	4.70
329. DM. + 21°3619	18	53	10	+21 20.8	9.1 u. 9.6	1901.79	62.0	0.16
330. DM. + 19°3856	18	54	19	+19 27.7	9.0 u. 9.3	1901.60	31.1	0.75
331. DM. + 17°3881	18	54	41	+18 1.9	8.4 u. 12.4	1901.60	193.4	0.82
332. DM. + 22°3545	18	54	50	+22 21.8	8.8 u. 9.0	1901.79	197.7	0.38
333. DM. + 17°3881	19	7	17	+17 43.1	8.1 u. 13.2	1901.54	85.6	2.01
334. DM. + 17°3883	19	7	25	+17 59.1	8.5 u. 11.0	1901.54	244.9	1.58
335. DM. + 19°3949	19	9	12	+20 1.7	7.3 u. 11.0	1901.61	222.3	0.49
336. DM. + 18°4017	19	12	50	+18 42.3	8.9 u. 9.2	1901.60	199.8	1.49
337. DM. + 17°3924	19	14	21	+17 25.4	8.6 u. 9.0	1901.51	68.6	0.27
338. DM. + 17°3935	19	16	40	+17 30.5	9.4 u. 9.4	1901.51	109.4	0.31
339. DM. + 18°4063	19	20	38	+18 27.2	8.6 u. 8.6	1901.53	44.5	0.53
340. DM. + 18°4092	19	23	55	+18 16.8	9.0 u. 9.3	1901.53	124.8	0.84
341. — —	19	29	6	+18 27.5	9.3 u. 12.0	1901.60	120.2	2.17
342. DM. + 17°4029	19	32	38	+17 9.3	9.0 u. 9.8	1901.60	255.1	4.69
343. DM. + 16°3976	19	38	20	+16 56.7	9.1 u. 9.5	1901.61	26.4	0.22
344. DM. + 18°4232	19	41	48	+18 6.9	8.9 u. 10.5	1901.56	329.7	0.29
345. DM. + 17°4084	19	42	16	+17 18.5	9.0 u. 9.8	1901.54	104.1	3.87
346. DM. + 16°4019	19	43	5	+16 51.6	8.8 u. 9.5	1901.57	182.8	0.57
347. DM. + 18°4242	19	43	10	+19 2.1	8.5 u. 11.5	1901.56	340.6	1.06
348. DM. + 16°4007	19	43	42	+16 56.0	9.0 u. 12.8	1901.57	114.0	1.36
349. DM. + 16°4023	19	25	28	+16 46.6	8.4 u. 12.8	1901.55	237.1	2.40
350. DM. + 19°4183	19	47	11	+19 53.3	8.9 u. 9.3	1901.55	46.2	3.40
351. DM. + 19°4187	19	47	48	+19 35.8	8.0 u. 12.2	1901.55	153.0	2.00
352. DM. + 17°4188	19	55	51	+17 40.1	8.6 u. 9.1	1901.79	261.5	0.23
353. DM. + 19°4258	19	58	13	+19 48.8	8.9 u. 10.5	1901.79	338.6	0.41
354. DM. + 17°4233	20	4	43	+18 4.2	8.8 u. 13.0	1901.69	18.7	0.56

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s					
Hu. 355. DM. + 19°4299	20	4	52	+19°46.5′	9.0 u. 13.0	1901.67	351.9°	1.07″
356. DM. — 12°5686	20	13	23	+12 20.0	9.4 u. 9.5	1901.28	91.0	0.72
357. DM. + 17°4282	20	13	43	+18 1.0	7.5 u. 12.6	1901.68	197.0	1.87
358. DM. — 11°5300	20	14	30	—11 27.1	9.1 u. 10.5	1901.61	95.5	0.47
359. DM. + 18°4460	20	15	32	+18 29.4	9.5 u. 9.5	1901.64	30.9	0.32
360. DM. + 16°4227	20	15	56	+16 14.7	9.3 u. 9.3	1901.75	136.7	0.22
361. DM. + 18°4485	20	19	46	+18 49.3	8.5 u. 12.3	1901.64	189.7	0.43
362. DM. + 18°4569	20	34	57	+18 35.8	9.0 u. 9.4	1901.60	305.7	0.51
363. DM. + 17°4477	20	54	8	+17 59.4	9.3 u. 9.3	1901.63	94.3	0.60
364. DM. + 22°4306	21	2	21	+22 41.5	9.5 u. 9.8	1901.66	85.2	0.29
365. DM. + 17°4509	21	4	17	+17 23.5	9.0 u. 13.2	1901.63	17.4	1.04
366. DM. — 17°6195	21	4	20	—17 39.1	9.4 u. 9.8	1901.33	279.1	0.27
367. DM. + 16°4468	21	5	53	+16 25.6	8.9 u. 9.8	1901.63	10.1	0.28
368. DM. + 17°4542	21	13	17	+18 5.9	9.0 u. 10.7	1901.63	41.7	0.37
369. DM. + 16°4523	21	18	53	+16 51.2	8.9 u. 12.8	1901.63	12.5	1.35
370. DM. + 20°4906	21	20	6	+20 50.1	8.8 u. 13.6	1901.68	110.3	2.04
371. DM. + 23°4346	21	30	55	+24 0.4	7.0 u. 7.5	1901.78	162.7	0.22
372. DM. + 22°4445	21	33	44	+23 8.9	9.0 u. 9.0	1901.78	142.2	0.30
373. DM. + 17°4626	21	37	42	+17 122.8	8.5 u. 12.0	1901.63	317.0	0.91
374. DM. + 23°4379	21	38	52	+23 25.7	9.0 u. 9.0	1901.78	38.5	0.33
375. DM. — 16°5938	21	39	36	—16 3.4	9.0 u. 9.2	1901.98	169.6	0.42
376. DM. + 19°4780	21	41	30	+19 33.8	8.5 u. 12.0	1901.64	17.7	1.47
377. DM. — 21°6093	21	41	56	—21 13.5	(A = 9.5, B = 9.8, C = 11.8.)			
					A u. B	1901.31	138.6	0.54
					AB u. C	1901.13	341.8	4.69
378. DM. + 20°5016	21	43	24	+20 31.8	9.0 u. 9.8	1901.13	345.9	0.61

Bezeichnung des Sternes	Rektasz.			Deklin.	Helligkeit	Epoche	p	d
	h	m	s	° ′			°	″
Hu. 379. DM. + 4°4759	21	48	1	+ 4 50.2	9.0 u. 10.5	1901.11	253.5	1.37
380. DM. — 20°6313	21	48	12	—20 29.0[1]	9.5 u. 9.5	1901.31	56.2	0.39
381. DM. + 5°4903	21	51	32	+ 6 4.3	9.4 u. 9.5	1901.27	41.7	0.54
382. DM. + 18°4892	21	51	48	+19 11.8	9.2 u. 9.6	1901.65	171.7	0.40
383. DM. + 20°5127	22	14	51	+20 36.9	9.0 u. 9.0	1901.70	42.6	0.24
384. DM. + 20°5135	22	17	35	+21 00.8	9.4 u. 11.0	1901.72	318.8	0.30
385. DM. + 21°4746	22	19	9	+22 1.6	8.7 u. 15.0	1901.73	76.8	1.35
386. DM. — 18°6130	22	22	38	—18 38.7	9.0 u. 11.5	1901.31	222.9	0.57
387. DM. — 8°5882	22	24	12	— 7 50.4	9.0 u. 12.0	1901.76	33.2	1.65
388. DM. + 21°4770	22	25	28	+21 57.3	8.0 u. 8.5	1901.73	141.3	0.24
389. DM. — 19°6299	22	28	46	—19 11.8	8.5 u. 8.7	1901.31	102.6	0.36
390. DM. — 19°6303	22	29	45	—18 56.0	8.4 u. 13.5	1901.18	97.8	0.82
391. DM. + 23°4575	22	32	40	+23 25.1	9.2 u. 10.5	1901.71	167.0	0.73
392. DM. + 18°5015	22	34	7	+18 18.7	9.2 u. 9.5	1901.65	344.5	0.51
393. DM. + 19°4976	22	34	19	+19 42.3	9.0 u. 11.5	1901.66	256.4	0.40
394. DM. + 5°5060	22	38	00	+ 6 5.7	9.8 u. 11.5	1901.31	70.0	0.64
395. DM. + 23°4595[2]	22	38	3	+23 16.5	9.3 u. 9.5	1901.71	141.1	0.49
396. DM. + 5°5105	22	49	51	+ 5 37.8	8.8 u. 11.5	1901.31	29.3	4.56
397. DM. + 18°5075	22	52	39	+18 46.7	9.1 u. 11.7	1901.66	263.0	1.13
398. DM. + 17°4853	22	57	27	+18 4.3	8.7 u. 9.0	1901.66	321.6	0.44
399. DM. — 16°6250	23	11	24	—16 6.7	8.5 u. 10.5	1901.11	322.7	0.70
400. DM. + 17°4891	23	12	39	+17 45.6	7.4 u. 8.8	1901.78	249.1	0.32

[1]) Dieses Paar ist der Begleiter von β 168.

[2]) Dieses Paar ist der Hauptstern von h 1800 = h 3136. Die Messung von A und C ergiebt: 1901.675, p = 64.8°, d = 11.28″.

Die bis Ende 1900 bekannten spektroskopischen Doppelsterne hat H. F. Newall zusammengestellt.[1]) Folgendes ist die Liste derselben:

Stern	Periode	Entdecker	Zeit der Entdeckung	Bemerkungen	Litteratur
α Virginis . .	4.013 Tage	Vogel	1889	Dunkler Begleiter	A. N. 125, p. 305. Pots. Obs. 7. p. 127.
β Persei . .	—	„	1889	Veränderlich	A. N. 123, p. 289. Pots. Obs. 7.
ζ Ursae Majoris	—	Pickering	1889	2 helle Sterne	Amer. Journ. Sci. 39. p. 46.
β Aurigae . .	—	Miss A. C. Maury	1891	2 „ „	4th Report of Draper Memorial, 1890.
β Lyrae . .	—	Pickering Belopolsky	1891 1892	Veränderlich —	A. N. 128, 39. „ 131, 139.
β Orionis . .	—	Vogel	1892	—	Pots. Beob. 7. p. etc. 146.
δ Cephei . .	5.375 Tage	Belopolsky	1894	Veränderlich	A. N. 136, 281. „ 140, 17.
μ_1 Scorpii . .	1.46 „	Bailey	1895	2 helle Sterne	„ 142, 11.
V Puppis . .	3.114 „	Pickering	1895	Lacaille. 3105 Cord. G. C. 10534	„ 142, 107.
η Aquilae . .	7.176 „	Belopolsky	1895	Veränderlich	Astroph. Journ. 6. p. 393. Wright. Astroph. Jour. 9. p. 59.
α_1 Geminorum	2.93 „	„	1896	Schwacher Begleiter d. Castor	Bull. Acad. St. Pet. 4. p. 341. Astroph. Journ. 5. p. 1. Mem. Spettr. Ital. 26. „ „ „ 28.
λ Tauri . .	3.91 „	„	1897	Veränderlich	A. N. 145, 281.
ζ Geminorum	5.375 „	Belopolsky Campbell	1898 1899	— —	„ 149, 239. Astroph. Journ. 9. p. 86.
β Lupi . . .	—	Mrs. Fleming	1898	—	Harv. Obs. Circular, 21 A. N. 145, 271.
η Pegasi . .	2¼ Jahre	Campbell	1898	—	Astroph. Journ. 8. p. 159. 293. Belopolsky, A. N. 148. p. 127.
o Leonis . .	14½ Tage	„	1898	In Miss Maurys Liste zusammenges. Spektra	Astroph. Journ. 8. p. 159. 293.

[1]) Monthly Not. Roy. Soc. 1901. **61.** No. 4. p. 261.

Stern	Periode	Entdecker	Zeit der Entdeckung	Bemerkungen	Litteratur
χ Draconis .	$9^1/_3$ Mon.	Campbell	1898	—	Astroph. Journ. 8. p. 239.
ϑ Ursae Majoris	5—7 Tage	Belopolsky	1899	—	A. N. 148, 331., „ 151, 39.
ι Pegasi . .	—	Campbell	1899	—	Astroph. Journ. 9. p. 310. Belopolsky, A. N. 154. p. 210.
ϑ Draconis .	—	„	1899	—	Astroph. Journ. 9. p. 311.
α Aurigae . .	104 Tage	Campbell Newall	1899	—	„ „ 10. p. 177. Monthly Notices, R.A.S. 60. p. 418.
ε Librae . .	einig. Mon.	Campbell	1899	—	Astroph. Journ. 10. p. 178.
h Draconis .	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
λ Andromedae	19.2 Tage	„	1899	—	„ „ „ 178.
ε Ursae Majoris	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
ω Draconis .	—	„	1899	—	„ „ „ 178.
α Ursae Minoris	3.95 Tage	„	1899	—	„ „ „ 180. Frost, Astroph. Journ. 10. p. 184. Belopolsky, A. N. 152. p. 199. Vogel, Sitzber. Berlin. Akad. 20. p. 388.
β Capricorni .	—	„	1899	—	Astroph. Journ. 10. 241.
υ Sagittarii .	—	„	1999	—	„ „ „ 241.
β Herkulis .	—	„	1900	—	„ „ 11. 140.
ε Leonis . .	—	W. S. Adams	1900	—	„ „ „ 307. Wright, Astroph. Journ. 414.
12 Persei . .	—	Campbell	1900	—	Astroph. Journ. 12. p. 254.
ξ Ursae Majoris	—	Wright	1900	Helle Komponente des Doppelsternes	„ „ „ 254.
93 Leonis . .	—	Campbell	1900	—	„ „ „ 254.
β Scuti . . .	—	Wright	1900	—	„ „ „ 254.
d Bootis . .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
113 Herculis .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
2 Scuti . .	—	„	1900	—	„ „ „ 254.
τ Andromedae	—	Campbell	1900	—	„ „ „ 254.
κ Pegasi . .	6 Tage	„	1900	Komponente v. Burnhams Doppelstern. Dunkler Begleiter	„ „ „ 256.
δ Orionis . .	1.92 Tage	Deslandres	1900	—	Compt. rend. 130.
α Persei . .	—	Newall	1900	—	Monthly Notices, 61. p. 12. Vogel, Sitzber. Berlin. Akad. 1901. p. 51.

Sterne mit eigentümlichem Spektrum. Prof. E. Pickering giebt ein Verzeichnis solcher Sterne, welche von Mrs. Fleming bei Untersuchung der Draper-Memorial-Photographs entdeckt worden sind.[1]) Die folgende Tabelle enthält dieses Verzeichnis. Die Bezeichnung Gal. long. und lat. giebt die auf die Ebene der Milchstrasse bezogenen Positionen der Objekte.

Bezeichnung	R. A. 1900	Dez. 1900	Grösse	Beschreibung
	h. m.	° ′		
	0 56.0	—72 42		V. Typus. Gal. long. 268° 10′, lat. — 45° 15′.
	1 6.2	—73 44		Gasnebel. Gal. long. 267° 29′, lat. — 44° 9′.
	4 49.9	—69 21		,, Gal. long. 247° 21′, lat. — 35° 41′.
	4 52.6	—69 33		,, Gal. long. 247° 31′, lat. — 35° 24′.
	4 55.1	—69 21		,, Gal. long. 247° 13′, lat. — 35° 14′.
	4 55.7	—66 26		V. Typus. Gal. long. 243° 42′, lat. — 35° 50′.
	4 56.8	—66 32		,, Gal. long. 243° 48′, lat. — 35° 42′.
	4 57.3	—66 33		Gasnebel? Gal. long. 243° 48′, lat. — 35° 30′.
	4 57.5	—68 35		,, Gal. long. 246° 15′, lat. — 35° 12′.
	4 57.8	—68 33		V. Typus. Gal. long. 246° 12′, lat. — 35° 11′.
	5 0.4	—70 20		I. ,, Hβ and Hγ hell.
	5 3.0	—66 49		V. ,, Gal. long. 244° 0′ lat. — 35° 3′.
	5 10.2	—69 0		,, Gal. long. 246° 27′, lat. — 34° 0′.
	5 10.3	—69 1		,, Gal. long. 246° 28′, lat. — 33° 59′.
	5 13.8	—67 29		,, Gal. long. 244° 35′, lat. — 33° 54′.
	5 14.8	—69 25		,, Gal. long. 246° 52′, lat. — 33° 31′.
	5 22.2	—68 3		Gasnebel. Gal. long. 245° 8′, lat. — 33° 3′.
	5 22.5	—68 4		,, Gal. long. 245° 9′, lat. — 33° 1′.
	5 23.9	—71 43		V. Typus. Gal. lang. 249° 26′, lat. — 32° 25′.
	5 24.6	—71 26		,, Gal. long. 249° 5′, lat. — 32° 24′.
	5 26.4	—67 35		,, Gal. long. 244° 32′, lat. — 32° 42′.
	5 27.1	—68 55		,, Gal. long. 246° 6′, lat. — 32° 31′.
	5 35.6	—67 39		Gasnebel. Gal. long. 244° 32′, lat. — 31° 50′.
	5 36.2	—69 45		1. Typus. Hβ, Hγ, und Hδ hell.
	5 36.8	—69 44		,, Hβ, Hγ, und Hδ hell.
	5 37.6	—69 30		V. ,, Gal. long. 246° 41′, lat. — 31° 32′.
	5 37.7	—69 16		,, Gal. long. 246° 25′, lat. — 31° 32′.
	5 40.7	—69 27		,, Gal. long. 246° 37′, lat. — 31° 16′.
	5 40.9	—69 27		,, Gal. long. 246° 37′, lat. — 31° 14′.
	5 41.4	—69 43		Gasnebel. Gal. long. 246° 55′, lat. — 31° 11′.
				Linien 5007, Hβ, Hγ, Hδ und Hε. hell.
A. G. C. 8991	7 3.2	—23 41	6.3	1. Typus. Hβ hell.
Z. C. 10h 1363	10 19.4	—59 8	8.8	1. ,, Hβ hell.

[1]) Harvard Circular No. 60.

Pickering giebt noch folgende Erläuterungen zu diesem Verzeichnisse:

Der Stern α 0 h 56.0 m steht in der kleinen Magellanischen Wolke und ist das einzige Objekt des 5. Typus in dieser ganzen Region. 1 h 6.2 m. Dieser Nebel steht in der kleinen Magellanischen Wolke. 4 h 49.9. Dieses und die 27 folgenden Objekte stehen in der grossen Magellanischen Wolke. Die Anzahl der Sterne des 5. Typus in dieser Region steigt damit auf 21. 5 h 40.7 m. Früher als Gasnebel angezeigt, die genauere Untersuchung zeigt aber ein Spektrum des 5. Typus. 10 h 30.3 m. Das Spektrum dieses Sternes ist ähnlich demjenigen eines Sternes vom 5. Typus umgekehrt (dunkel) auf einem kontinuierlichen Spektrum. 11 h 54.8 m. Ähnlich den vorigen. 17 h 14.6 m, 17h 33.5 m, 18h 5.9 m ebenso.

Dasselbe gilt von den Sternen 9. Grösse in α 18 h 35.2 m, δ — 51° 51′ (für 1900). Die helle Linie Hβ in dem Spektrum von η Centauri, A G C 17739 und χ Apodisi, A G C 20878 ist, wie Miss A. J. Cannon gefunden, veränderlich.

Bezeichnung	R. A. 1900	Dez. 1900	Grösse	Beschreibung
	h. m.	° ′		
Z. C. 10 h 2112	10 30.3	−47 53	9	Eigenartiges Spektrum.
C. P. D. −58° 2845	10 49.7	−58 59	9.8	V. Typus. Gal. long. 256° 13′, lat. + 0° 4′.
C. P. D. −61° 2577	11 39.6	−61 43	9.9	„ Gal. long. 262° 55′, lat. − 0° 33′.
Z. C. 11 h 3668	11 54.8	−58 2	9	Eigenartiges Spektrum.
	13 26.4	−65 28		Gasnebel. Gal. long. 274° 48′, lat. − 3° 54′.
−17° 3961	13 50.3	−17 45	8.0	Eigenartiges Spektrum.
−43° 9005	14 16.1	−43 41	10	Gasnebel. Gal. long. 287° 45′, lat. + 15° 1′.
Z. C. 14 h 970	14 16.9	−47 4	9.5	IV. Typus.
	15 7.1	−59 28		V. „ Gal. long. 287° 43′, lat. − 2° 35′.
C. P. D. −66° 3171	15 46.7	−65 52	9.2	Eigenartiges Spektrum.
−40° 11127	16 58.1	−40 44	9.9	Gasnebel. Gal. long. 313° 11′, lat. − 1° 4′.
	17 3.5	−55 16		„ Gal. long. 301° 55′, lat. − 10° 22′.
−49° 11366	17 14.6	−49 22	10	Eigenartiges Spektrum. Gal. long. 307° 49′, lat. − 8° 27′.
Z. C. 17 h 1520	17 24.4	−51 0	8	Eigenartiges Spektrum.
−33° 12168	17 26.5	−33 33	9.8	V. Typus. Gal. long. 322° 18′, lat. − 1° 35′.
	17 33.5	−57 52		Eigenartiges Spektrum.
	17 38.1	−44 52		Gasnebel. Gal. long. 313° 51′, lat. − 9° 27′.
A. G. C. 24406	17 52.7	−36 0	7.2	V. Typus. Gal. long. 320° 0′, lat. − 7° 27′.
	17 52.8	−56 16		I. „ H β hell.
−43° 12354	18 5.9	−43 43	10	Eigenartiges Spektrum.
	18 11.1	−46 2		Gasnebel. Gal. long. 315° 31′, lat. − 15° 7′.
−16° 4904	18 24.6	−16 59	9.8	IV. Typus.
	18 27.9	−22 43		Gasnebel. Gal. long. 338° 27′, lat. − 7° 57′.
−13° 5083	18 38.7	−13 20	9.1	IV. Typus.
− 4° 4678	18 58.7	− 4 28	9.0	V. „ Gal. long. 358° 16′, lat. − 6° 13′.
− 9° 5069	19 11.0	− 9 14	10	Gasnebel. Gal. long. 355° 22′, lat. − 11° 7′.
−50° 12918	20 12.9	−50 8	10	IV. Typus.

Das Spektrum von ζ Puppis. Nachdem früher[1]) die Gegenwart einer zweiten Reihe von Wasserstofflinien im Spektrum dieses Sternes auf der Harvardsternwarte nachgewiesen worden, ohne dass es gelang, genaue Messungen der Wellenlängen der minder brechbaren Linien auszuführen, sind seitdem Messungen an sechs Photographien dieses Spektrums und an zwei des Spektrums von δ Orionis ausgeführt worden.[2]) Entsprechend der von Vogel für die gewöhnliche Reihe der Wasserstofflinien gewählten Bezeichnung werden die der neuen Reihe angehörigen Linien mit $H\alpha'$, $H\beta'$, $H\gamma'$, etc. bezeichnet. Der Stern δ Orionis enthält ausser der Linie $H\beta'$ noch die bekannte Linie D_3 (λ=5876), und diese Linien erscheinen auch im Spektrum von ε Orionis und wahrscheinlich in andern Sternen des sogenannten Oriontypus.

Sternspektra mit teils hellen, teils dunklen Absorptionslinien und deren Deutung. Die spektrographische Durchmusterung des Himmels, welche auf der Harvardsternwarte in Nordamerika ausgeführt wird, hat eine Anzahl von Sternen kennen gelehrt, in deren Spektren die Wasserstofflinie Hβ hell ist, während die nach der brechbarern Seite des Spektrums liegenden Wasserstofflinien dunkel sind. Später hat W. W. Campbell nachgewiesen, dass in den meisten (und wahrscheinlich allen) Spektren dieser Klasse auch die Wasserstofflinie Hα

[1]) Harvard Circular No. 12. 16. 18.
[2]) a. a. O. No. 55.

hell ist. Nach Campbells Angaben[1]) ist im Spektrum von η Argus die Linie Hα hell, Hβ kaum und vielleicht noch als breites, wenig helles Band sichtbar, in welchem sich eine dunkle feine Linie befindet, während die übrigen Wasserstofflinien dunkel sind und dabei an Intensität nach dem Violett hin zunehmen. Ähnlich sollen sich auch die Wasserstofflinien in dem Wolf-Rayet-Stern BD. + 43.3571° verhalten und schliesslich auch die in η Tauri, in welchem Hα hell erscheint mit schwachen dunklen Linien auf beiden Seiten, während alle übrigen Wasserstofflinien dunkel sind. In gewissem Sinne gehört nach Campbell zu dieser eigentümlichen Klasse von Sternen auch γ Cassiopejae, indem die Intensität der hellen Wasserstofflinien sehr schnell abnimmt, je weiter dieselben nach dem Violett zu liegen; die Stärke der Absorptionslinien, innerhalb welcher sie sich befinden, nimmt hierbei zu.

Diese Spektra sind höchst seltsam, und ihre Deutung ist auch Prof. Campbell nicht klar. Er sagt[2]) diesbezüglich:

»Diese Sterne fallen naturgemäss unter Prof. Vogels Klasse Ic. obgleich die Linie D_3 in manchen von ihnen nicht anwesend ist. Es muss angenommen werden, dass sie sich in einem sehr frühen Zustande der Sternentwickelung befinden, und hierin liegt ein Element ihrer grossen Wichtigkeit; aber am wichtigsten ist die Thatsache, dass sie manche Schritte der Sternentwickelung in der Nähe eines der wichtigsten Punkte dieses Vorganges repräsentieren. η Tauri ist immer als Ia klassifiziert worden, aber die Entdeckung einer einzigen hellen Linie (Hα) versetzt das Spektrum dieses Sternes in die Klasse Ic. Es befindet sich daher im Übergange zwischen den Klassen Ic und Ia. Einige dieser Sterne mögen nur zwei helle Wasserstofflinien, Hα und Hβ, enthalten, andere vielleicht drei oder mehr. γ Cassiopejae enthält mindestens ein halbes Dutzend heller Wasserstofflinien, und lange Expositionszeiten würden wahrscheinlich noch Spuren einiger andern hellen Linien im Ultraviolett zeigen, wo jetzt bei den gewöhnlichen Expositionszeiten keine zu sehen sind. Es ist möglich, dass einzelne Sterne helle Wasserstofflinien über das ganze Wasserstoffspektrum hinüber enthalten. Es ist auch möglich, dass lange Expositionszeiten schwache helle Linien innerhalb der dunklen Hβ-, Hγ-etc. Linien bei η Tauri ergeben würden. Jedenfalls aber betrachte ich folgende Punkte als fest begründet:

a) Einige Sterne enthalten sowohl helle als auch dunkle Wasserstofflinien.

b) Die hellen Linien in solchen Sternen sind diejenigen von grössern Wellenlängen, die dunklen diejenigen von kürzern Wellenlängen.

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 13. p. 448.
[2]) Astrophysical Journal 2. p. 177.

c) Die Intensitäten der hellen Linien nehmen ab, je mehr letztere nach dem Violett zu liegen.

d) Die Intensitäten der dunklen Linien nehmen in dieser Richtung zu.«

Campbell stimmt einer früher von Prof. Scheiner geäusserten Meinung bei, dass die Sterne vom Typus Ic sich in einem Stadium befinden, aus welchem sie im Laufe der Zeit in den Typus Ia übergehen. »Allein,« so fragt er, »wie geht nun ein Stern des Typus Ic in den Typus Ia über? Wenn ein Stern der Klasse Ic eine einzige helle Wasserstofflinie enthält, müssen dann alle seine Wasserstofflinien hell sein? Wenn ein Stern eine einzige dunkle Wasserstofflinie enthält, müssen alle seine Wasserstofflinien dunkel sein? Wenn ein Stern mit hellen Linien in einen solchen übergeht mit dunklen Linien, ändern dann alle Wasserstofflinien in dem gleichen Momente ihren Charakter? Im allgemeinen werden alle Wasserstofflinien sich gleichzeitig nach derselben Richtung hin ändern, aber verwandeln sie sich von hellen in dunkle Linien oder von hellen Linien zu kontinuierlichem Spektrum und dann in dunkle Linien in demselben Augenblick? Das würde mir unwahrscheinlich vorkommen. Der Charakter eines Spektrums ist das Resultat von Strahlungs- und Absorptionsphänomenen. Sterne der Klasse Ic scheinen ausserordentlich ausgedehnte und heisse Atmosphären zu haben. Abkühlung und Zusammenziehung verursachen fortschreitende Änderungen in ihren Spektren. Wenn wir es mit einem Sterne zu thun haben, dessen Atmosphäre ausserordentlich ausgedehnt und durch und durch sehr heiss ist, so führen uns unsere Kenntnisse von der Wirkung abnehmender Temperatur in den äussern Teilen der Atmosphäre zu der Erwartung, dass gewisse Strahlenphänomene abnehmen würden, während gewisse Absorptionsphänomene zunehmen. Die Zustände auf unserer Sonne sind nicht geeignet, die Phänomene in den obigen Sternspektren zu erklären. Wenn jedoch die Bedingungen auf unserer Sonne genügend sind, um nur einen Bruchteil des Widerspruches in dem Verhalten der Wasserstofflinien in diesen Sternen zu deuten, so ist die Schwierigkeit sehr gemindert; denn wir müssen bedenken, dass unsere Sonne alt ist, der Klasse IIa angehört, während den Sternen der Klasse Ic wohl ausserordentlich ausgedehnte Atmosphären zugeschrieben werden müssen.«

Indem Campbell den Sternen mit teils hellen, teils dunklen Wasserstofflinien eine Stellung zwischen dem Typus Ic und Ia giebt, ist damit aber noch keinesweg eine Erklärung des Umstandes gegeben, warum im Spektrum dieser Sterne einzelne Linien eines und desselben Stoffes hell und die andern dunkel erscheinen.

Hier tritt nun Prof. Scheiner ein[1]) und giebt folgende Erklärung dieser Erscheinung, die sehr wahrscheinlich die richtige ist. Er sagt:

[1]) Astron. Nachr. No. 3733.

»Die Angabe, dass in einem Spektrum gleichzeitig helle und dunkle Linien desselben Stoffes vorkommen sollten, widerspricht den einfachsten Folgerungen aus dem Kirchhoffschen Satze derartig, dass man sie einfach als unmöglich hinstellen muss. — Die Umkehrungserscheinungen, von denen einzelne Linien betroffen werden können, während andere desselben Elementes einfach bleiben, treten hier nicht in Frage, da sie ja ausser der hier zu erklärenden Eigentümlichkeiten bei einzelnen der hierher gehörigen Sterne als weitere Komplikationen aufzutreten scheinen. — Das ist auch der Grund, weshalb ich die zuerst von Campbell gemachte Angabe über die helle $H\alpha$-Linie bei γ Argus als der Bestätigung sehr bedürftig hingestellt hatte, besonders da die Beobachtungen von γ Argus nur in 6° Höhe über dem Horizonte angestellt worden waren. Allerdings scheint heute die allgemeine Gültigkeit des Kirchhoffschen Satzes manchen Zweifeln unterworfen; aber dieselben beziehen sich doch nur auf die Grenzen seiner Anwendbarkeit und auf den Begriff der Temperatur bei leuchtenden Gasen, nicht aber auf eine etwaige Ungültigkeit bei ganz einfachen Absorptionserscheinungen ohne merkliche Wellenlängenänderungen, welch letztere dann auf starken Druck oder auf Fluoreszenzerscheinungen hindeuten.

Ich behaupte daher auch jetzt noch, nachdem das gleichzeitige Vorhandensein heller und dunkler Wasserstofflinien in mehrern Sternen durch die Campbellschen Beobachtungen völlig sichergestellt ist, dass diese Erscheinung in einem einzelnen Spektrum nicht vorkommen kann, dass ihr Auftreten also mit Bestimmtheit auf die optische Superposition zweier Spektra hinweist. Die Campbellschen Beobachtungen sind es selbst, welche die folgende sehr einfache Erklärung bestätigen.

Ich habe zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die helle $H\gamma$-Linie im Spektrum von γ Cassiopejae nicht unmittelbar auf dem kontinuierlichen Spektrum aufsitzt, sondern auf beiden Seiten von schwachen Absorptionslinien umschlossen ist. Die Erklärung hierfür, dass nämlich im Spektrum dieses Sternes sehr breite Absorptionslinien vorhanden seien, in denen sich die hellen Linien befänden, führte weiter zu der Auffassung, dass es sich bei γ Cassiopejae um die optische Superposition zweier Spektra handle, ein kontinuierliches Spektrum mit dunklen Wasserstofflinien, welches wie bei allen Sternen der Klasse Ia zustandekommt, und ein Spektrum von hellen Wasserstofflinien, herrührend von der ausserhalb der Photosphäre sich projizierenden ausserordentlich mächtigen, leuchtenden Wasserstoffatmosphäre. Dadurch, dass es mir weiter gelang, bei den verschiedenen Sternen des Typus Ia eine ganze Reihe von intermediären Gliedern zwischen Ic und dem typischen Spektrum Ia aufzustellen, deren zugehörige Sterne sich nur durch ihre relativen Atmosphärenhöhen zu unterscheiden brauchen, gewann die obige Deutung an Sicherheit. Alle diese Untersuchungen waren allein auf

das Aussehen der Hγ-Linie gegründet, und die Campbellschen Untersuchungen zeigen nun auf das deutlichste, dass bei den sogenannten »bright Hβ-Stars« genau dieselben Verhältnisse vorliegen. Bei η Tauri z. B. ist die helle Hα-Linie beiderseits mit einer dunkeln versehen, entsprechend dem Spektrum von γ Cassiopejae (zunächst bei der Hγ-Linie). Es unterliegt mir keinem Zweifel, dass auch die schwächern Sterne dieser Art ähnliche Erscheinungen in ihren Spektren zeigen würden, wenn sie mit noch lichtstärkern Instrumenten beobachtet werden könnten. Hiernach füllen diese Sterne nur die Lücke aus, die in meiner Reihe zwischen γ Cassiopejae und δ Orionis liegt, und lassen sich folgendermassen charakterisieren:

Die »bright Hβ-Stars« besitzen ein kontinuierliches Spektrum mit den sämtlichen dunklen Wasserstofflinien, genau so wie alle Sterne der Klasse I a. Dieses Spektrum ist optisch überlagert von dem Emissionsspektrum des Wasserstoffs, herrührend von der umgebenden Wasserstoffatmosphäre, soweit sich dieselbe ausserhalb der Photosphäre projiziert. Ist die Temperatur des Hauptteiles dieser Atmosphäre nicht hoch, so brauchen nicht die sämtlichen Wasserstofflinien hell vorhanden zu sein; bei der niedrigsten Glühtemperatur — es ist hier unter Glühtemperatur die sogenannte innere Temperatur der Gase zu verstehen — ist nur Hα vorhanden, bei etwas höherer kommt Hβ hinzu u. s. w. Dass aber in den äussern Teilen der Atmosphäre, die die grösste Fläche in der Projektion bieten, die Temperatur geringer ist, als in den innern dichtern Teilen, durch welche das Licht der Photosphäre unter allen Umständen hindurchpassieren muss, ist selbstverständlich. Die dunklen Absorptionslinien müssen also alle vorhanden sein, von den hellen brauchen nur wenige im brechbarern Teile des Spektrums aufzutreten, wobei natürlich ihre Intensitäten nach dem Violett zu abnehmen. Der von Campbell unter c) aufgestellte Satz ist daher richtig, der unter d) aufgestellte aber nur scheinbar, da die Abschwächung der Absorptionslinien nach dem Rot zu nur durch die Überlagerung der hellen Linien erfolgt.

Diese Deutung scheint mir eine durchaus natürliche zu sein, die sich in vollster Übereinstimmung mit dem Kirchhoffschen Satze befindet. Bei genauer Erforschung des Spektrums dieser interessanten Sterne wird sich noch eine Reihe von Umkehrungserscheinungen, Linienverdoppelungen u. s. w., wie sie bereits durch die Beobachtungen Campbells angedeutet sind, ergeben; es erscheint durchaus nicht unmöglich, dass dieselben mit stärkern Änderungen der Wellenlängen verbunden sein werden, die dann ähnlich wie bei den neuen Sternen zu deuten sein würden.

Es ist hiermit auch die von Campbell angeregte Frage gelöst, in welcher Weise der Übergang eines Sternes von der Klasse I c nach Ia sich in den Wasserstofflinien äussern wird. Der typische Fall eines Spektrums der Klasse I c würde der sein, dass sich die

sämtlichen Wasserstofflinien hell auf ihren breitern Absorptionslinien befinden. Bei fortschreitender Abkühlung der Atmosphäre und Abnahme ihrer Höhe verschwinden zuerst die hellen Wasserstofflinien des Ultraviolett (etwa γ Cassiopejae), dann immer weiter fortschreitend bis Hα, welche zuletzt hell übrig bleibt (etwa η Tauri). Ist auch diese Linie verschwunden, so ist die Klasse Ia erreicht. Auch bei den Sternen dieser Klasse sind zunächst noch die letzten Reste der hellen Linien als Aufhellungen der Absorptionslinien zu erkennen (δ Orionis), bis schliesslich auch diese verschwinden, und der reine Typus Ia mit völlig schwarzen Absorptionslinien vorliegt.

Der Vollständigkeit halber möchte ich noch auf neuere Untersuchungen über das Spektrum von γ Cassiopejae hinweisen, die geeignet sind, meine Schlüsse zu bestätigen. Zunächst zeigen neuere auf dem Potsdamer Observatorium erhaltene Aufnahmen des Spektrums dieses Sternes, auf denen die bekannte Duplizität der Hγ-Linie deutlich zu erkennen ist, dass diese Doppellinie in einem breiten Absorptionsbande sitzt. Besonders wichtig aber sind die Angaben von Sidgreaves,[1]) nach denen ausser Hγ noch Hδ und Hε in dunklen breiten Absorptionsbändern sitzen. Die Intensität der hellen Wasserstofflinien, nimmt von Hβ bis Hε ab, und zwar so, dass die Intensität der letztern Linie gleich derjenigen des kontinuierlichen Spektrums ist, so dass sie also ohne das Vorhandensein der breitern Absorptionslinie auf diesen Aufnahmen schon nicht mehr zu erkennen wäre. Hiermit stimmen auch die Angaben von Lockyer[2]) überein, nach denen das Absorptionsband, auf welches sich die helle Hβ-Linie projiziert, noch zu sehen ist; zuweilen sei auch noch Hζ hell zu erkennen gewesen. Fowler und Shackleton haben bei optischer Beobachtung auch das Absorptionsband der C-Linie wahrzunehmen geglaubt.«

Die oben eingangs erwähnten Bedenken Schreiners bezüglich der Vereinbarkeit eines Spektrums, das gleichzeitig helle und dunkle Linien desselben Stoffes zeigt, mit dem Kirchhoffschen Satze, widerlegt H. Kayser.[3])

Ein neuer Katalog der veränderlichen Sterne. Das vollständigste bis jetzt vorhandene Verzeichnis der veränderlichen Sterne ist der 1896 von Chandler veröffentlichte (3.) Katalog, welcher über 450 Nummern umfasst. Seitdem hat sich indessen das Material so sehr vermehrt, dass die Herstellung eines neuen Kataloges immer mehr als dringendes Bedürfnis hervortritt. Unter diesen Umständen hat der Vorstand der Astronomischen Gesellschaft die Herausgabe

[1]) Monthly Notices **59.** p. 505.
[2]) Proc. Royal Soc. **57.** p. 176.
[3]) Astrophys. Journal 1901. **14.** p. 313.

eines neuen Kataloges der Veränderlichen beschlossen und die Ausführung dieser Arbeit einer Kommission, bestehend aus den Herren Dunér, Hartwig, Müller und Oudemans übertragen. Dieser Kommission ward auch die definitive Bezeichnung der neu entdeckten Veränderlichen, sobald die Lichtänderung sicher festgestellt ist, überwiesen. Endlich ist sie auch mit der Aufstellung einer Namensliste der in den letzten Jahren aufgefundenen und bisher noch unbekannt gebliebenen veränderlichen Sterne beschäftigt, die demnächst veröffentlicht werden soll.

Provisorische Bezeichnung der neu entdeckten veränderlichen Sterne. Die immer mehr zunehmenden Entdeckungen von veränderlichen Sternen lassen es wünschenswert erscheinen, für dieselben, ähnlich wie bei Kometen und kleinen Planeten, eine unzweideutige und kurze provisorische Bezeichnung einzuführen. Demzufolge werden von nun an die veränderlichen und neuen Sterne in der Reihenfolge, in der ihre Entdeckung, vom Jahresanfange an gerechnet, erfolgt, fortlaufend numeriert, und die so entstandene Nummer wird zugleich mit dem Sternbilde so lange zur Anwendung kommen, bis die Veränderlichkeit genügend gesichert ist, und der Stern in der üblichen Weise seine definitive Bezeichnung erhalten kann. Diesem Prinzip hat der Vorstand der Astronomischen Gesellschaft seine Zustimmung erteilt, und gemäss demselben hat die Numerierung der seit dem Jahre 1900 entdeckten veränderlichen und neuen Sterne stattgefunden.

Verzeichnis der seit dem Erscheinen des dritten Chandlerschen Kataloges als sicher veränderlich erkannten Sterne. Als Vorarbeit für die in Aussicht genommene Herausgabe eines neuen Kataloges der veränderlichen Sterne hat die vom Vorstande der Astronomischen Gesellschaft eingesetzte Kommission eine Liste derjenigen Sterne aufgestellt,[1]) welche seit dem Erscheinen des letzten Chandlerschen Kataloges als sicher veränderlich erkannt worden sind. In diesem nachstehend wiedergegebenen Verzeichnisse enthält die erste Columne die Chandlersche Nummer, die zweite die in den Astr. Nachrichten seit 1900 eingeführte provisorische Bezeichnung der Veränderlichen, die dritte die definitiven Namen derselben, dann folgen Rektaszention und Deklination, sowie die Präzession für 1900. Die drei letzten Kolumnen geben die Maximal- und Minimalhelligkeiten, soweit sie einigermassen sicher bekannt sind, und die Buchstaben v (visuell) und ph (photographisch) lassen ersehen, ob diese Helligkeiten durch direkte Beobachtungen gewonnen sind, oder ob sie von photographischen Aufnahmen herrühren.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3752.

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0 RA.	Position für 1900.0 Decl.	Praecession 1900 RA.	Praecession 1900 Decl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′			
65	3.1900	X Andromedae	0 19 50	+46 27	+3.14	+0.33	8.0	—	v
147	—	RR Sculptoris	0 24 32	−38 36.5	+2.96	+0.33	9.19	<11	v
154	—	T Phoenicis	0 25 35	−46 57.8	+2.91	+0.33	9	<12	ph
169	—	W Sculptoris	0 28 15	−33 25.6	+2.96	+0.33	8.9	<11	ph
188	9.1900	Y Cephei	0 31 19	+79 48.4	+4.08	+0.33	9	12	v
219	—	Z Sculptoris	0 35 2	−34 30.2	+2.93	+0.33	6.7	7.8	v
268	—	V Andromedae	0 44 39	+35 6.5	+3.25	+0.33	8.9	14	v
268a	—	X Sculptoris	0 44 42	−35 27.8	+2.88	+0.33	9	<13	v
276	69.1901	RR Andromedae	0 45 56	+33 50	+3.24	+0.33	19	<11	v
562	23.1900	Y Andromedae	1 33 45	+38 50.2	+3.50	−0.31	9.19	<12	v
787	—	W Andromedae	2 11 14	+43 50.5	+3.77	+0.28	8	<11	v
854	—	S Horologii	2 22 22	−60 1.2	+1.72	+0.27	9.19	<12	ph
1066	—	T Horologii	2 57 40	−51 2.2	+1.92	+0.24	8	<10	v
1205	68.1901	Y Persei	3 20 54	+43 49.6	+4.06	+0.21	8.9	9.10	v
1332	—	S Fornacis	3 51 56	−24 42.2	+2.56	+0.19	5.6	9	v
1375	—	X Persei	3 49 8	+30 45.1	+3.74	+0.18	6	7	v
1438	—	V Eridani	3 59 45	−15 59.9	+2.74	+0.17	8	9	ph
1484	—	W Eridani	4 7 19	−25 23.5	+2.51	+0.16	8	<12	ph
1752	—	U Leporis	4 52 1	−21 22.7	+2.57	+0.19	9	10	v
1913	—	S Doradus	5 18 55	−69 21.0	−0.42	+0.06	8	9.10	ph
1921	—	W Aurigae	5 20 9	+36 48.0	+4.06	+0.06	9	<12	v
1929	71.1901	Y Aurigae	5 21 32	+42 21.1	+4.27	+0.06	8.0	9.19	v
2000	6.1900	RR Tauri	5 33 17	+26 19.0	+3.73	+0.04	9	<12	ph
2038	—	Y Tauri	5 39 42	+20 39.2	+3.57	+0.03	6.7	8.9	v
2080a	4.1900	Z Tauri	5 46 41	+15 46	+3.45	+0.02	9	<11	v
2186	8.1900	X Aurigae	6 4 25	+50 14	+4.68	0.00	8	11	v
2328	—	Z Monocerotis	6 28 2	− 8 48.2	+2.87	−0.04	9	19	ph
2335	—	W Geminorum	6 29 14	+15 24.5	+3.44	−0,04	7	8	v
2376	—	S Lyncis	6 35 56	+58 9.5	+5.19	−0.05	9.10	<12	v
2404	—	X Geminorum	6 40 43	+30 22.6	+3.85	−0.06	8	<11	v
2468	21.1900	Y Monocerotis	6 51 10	+11 22.4	+3.33	−0.07	8.9	<11	ph
2475	—	X Monocerotis	6 52 25	− 8 56.9	+2.87	−0.08	8	10	ph
2554	—	S Can. maj.	7 5 43	−32 45.9	+2.25	−0.09	9	10	v
2565	—	R Volantis	7 7 26	−72 51.3	−1.07	−0.10	8	<19	v
2690	19.1900	Z Puppis	7 28 18	−20 26.7	+2.61	−0.12	8.9	<11	v
2781	—	RR Puppis	7 43 32	−41 7.5	+2.02	−0.15	9.10	10.11	v
2890	—	RT Puppis	8 1 44	−38 29.4	+2.16	−0.17	8	19	ph
2899	—	RU Puppis	8 3 19	−22 37.4	+2.59	−0.17	9.10	11.12	ph
2933	—	Y Puppis	8 8 51	−34 50.3	+2.30	−0.18	8.9	10	v
2965	—	RS Puppis	8 9 14	−34 16.6	+2.30	−0.18	7	8	v
3024	4.1901	R Chamaeleontis	8 24 2	−76 1.8	−1.27	−0.20	—	—	—
3028	—	RT Hydrae	8 24 45	− 5 59.1	+2.96	−0.20	8	9.10	ph
3089	52.1901	RV Hydrae	8 34 53	− 9 14.9	+2.90	−0.21	7.8	9	ph
3179	—	X Cancri	8 49 45	+17 36.7	+3.39	−0.22	6.7	7.8	v
3244	—	S Pyxidis	9 0 41	−24 41.4	+2.64	−0.24	8.9	11	ph
3247	70.1601	V Urs. maj.	9 1 7	+51 31	+4.28	−0.24	9.10	10.11	v
3321	—	RU Carinae	9 13 27	−65 48.9	+1.10	−0.25	11	12	ph
3349	5.1901	RW Carinae	9 18 12	−68 20	+0.89	−0.25	—	—	—
3418a	—	T Antliae	9 29 43	−36 10.4	+2.48	−0.26	8.9	9.10	ph
3482	—	RR Hydrae	9 40 24	−23 33.5	+2.74	−0.27	8.9	<12	ph
3519	—	Y Hydrae	9 46 27	−22 33.0	+2.77	−0.28	8	10	ph
3548	6.1901	X Velorum	9 51 21	−41 6.8	+2.45	−0.28	—	—	—
3573	—	RV Carinae	9 55 33	−63 25.0	+1.69	−0.29	9.10	<11	ph
3649	—	U Urs. maj.	19 8 14	+60 28.9	+4.19	−0.29	7	8	ph
3669	—	W Velorum	10 11 31	−53 58.9	+2.23	−0.30	9	<11	v
3785	7.1901	U Antliae	10 30 47	− 39 2.7	+2.66	−0.31	—	—	—
3799	8.1901	RX Carinae	10 33 12	−61 48	+2.15	−0.31	10	<12	ph
3845	—	RT Carinae	10 40 54	−58 53.5	+2.32	−0.31	9.10	10.11	ph
3870	—	RS Hydrae	10 46 33	−28 6.1	+2.85	−0.32	8.9	<11	v
3978	9.1901	RW Centauri	11 2 56	−54 34.8	+2.61	−0.32	—	—	—
4057	—	RS Centauri	11 16 6	−61 19.6	+2.61	−0.33	9	<12	v
4216	—	Z Hydrae	11 42 37	−32 42.8	+3.00	−0.33	8.9	9.10	v
4318	—	RX Virginis	11 59 38	− 5 12.7	+3.07	−0.33	7	9	ph
4333	—	RW Virginis	12 2 6	− 6 12.2	+3.07	−0.33	7	8	ph
4345	—	RU Centauri	12 4 12	−44 52.1	+3.10	−0.33	9	10	ph
4471	—	T Can. venat.	12 25 15	+32 3.4	+2.98	−0.33	8.9	12	v
4481	—	U Crucis	12 26 50	−57 1.7	+3.31	−0.33	10	<13	ph
4573	—	RU Virginis	12 42 13	+ 4 41.5	+3.05	−0.33	8	12	v

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0		Praecession 1900		Helligkeit		
			RA.	Decl.	R. A	Decl.	Max.	Min.	
			h m s	° ′	s	′			
4065	—	RT Virginis	12 57 33	+ 5 43.4	+3.04	—0.32	8.9	10	ph
4696	7.1900	RV Virginis	13 2 40	—12 37.8	+3.15	—0.32	10	<14	ph
4754	25.1900	U Octantis	13 12 20	—83 42.0	+6.83	—0.32	7.8	10	v
4867	—	RV Centauri	13 31 8	—55 57.9	+3.84	—0.31	9	<13	ph
4898	10.1901	RY Virginis	13 36 19	—18 37.8	+3.26	—0.31	—	—	—
4935	—	RT Centauri	13 42 30	—36 21.8	+3.50	—0.30	8	<12	v
5013	—	Θ Apodis	13 55 35	—76 18.8	+5.69	—0.29	5.6	6.7	v
5050	—	Z Bootis	14 1 40	+13 58.5	+2.90	—0.29	10	13	ph
5075	—	RU Hydrae	14 5 48	—28 24.8	+3.45	—0.29	8	12	v
5099	—	RR Centauri	14 9 55	—57 23.3	+4.19	—0.28	7.8	8	v
5221	—	RV Librae	14 30 14	—17 35.9	+3.33	—0.27	8	9.10	ph
5355	11.1901	V Lupi	14 52 33	—53 0.4	+4.28	—0.24	—	—	—.
5451	12.1901	W Lupi	15 8 30	—50 25	+4.26	—0.23	—	—	—
5520	13.1901	R Circini	15 20 0	—57 22	+4.67	—0.21	—	—	—
5572	—	R Normae	15 28 45	—49 10.4	+4.29	—0·21	7	11	v
5608	—	U Normae	15 34 37	—54 59.4	+4.61	—0.20	8.9	9.10	v
5618	—	T Normae	15 36 21	—54 40.0	+4.59	—0.20	7	<11	v
5727	—	U Lupi	15 54 39	—29 38.3	+3.72	—0.17	9	11	v
5752	—	RZ Scorpii	15 58 37	—23 49.5	+3.58	—0.17	8.9	<10	v
5775	—	U Serpentis	16 2 31	+10 11.9	+2.86	—0.17	9	<12	ph
5776a	14.1901	V Normae	16 2 39	—48 58.2	+4.41	—0.16	—	—	—
5796	—	RX Scorpii	16 5 56	—24 38.4	+3.61	—0.16	9	<12	ph
5796a	—	RU Herculis	16 6 3	+25 19.9	+2.52	—0.16	7	<12	v
5814	15.1901	W Normae	16 9 0	—52 21.1	+4.60	—0.16	—	—	—
5867	16.1901	X Normae	16 17 45	—51 41.7	+4.60	—0.14	11	<12	ph
5941	—	ST Scorpii	16 30 14	—31 1.8	+3.82	—0.13	8	10	v
5965	—	SU Scorpii	16 34 12	—32 11.0	+3.85	—0.12	8	9	v
5999	17.1901	V Triang. austr.	16 39 51	—67 36.1	+6.12	—0.11	—	—	—
6019	—	RR Ophiuchi	16 43 11	—19 17.3	+3.51	—0.11	8	<11	v
6053	—	SS Scorpii	16 48 46	—32 27.6	+3.89	—0.10	7.8	9.10	v
6086	—	T Arae	16 54 22	—54 55.4	+4.90	—0.10	10	11	ph
6100	—	RV Herculis	16 56 45	+31 22.3	+2.29	—0.09	9	<12	v
6161	—	RT Herculis	17 6 46	+27 10.8	+2.40	—0.08	9	<12	v
6229	18.1901	SW Scorpii	17 18 8	—43 43.8	+4.33	—0 06	—	—	—
6328	—	V Pavonis	17 34 41	—57 40.4	+5.17	—0.04	8	10	ph
6364	19.1901	SX Scorpii	17 40 45	—35 30.7	+4.03	—0.03	—	—	—
6366	—	W Pavonis	17 41 5	—62 22.4	+5.62	—0.03	9	<13	ph
6370	—	SV Scorpii	17 41 36	—35 39.9	+4.03	—0.03	9	<11	v
6386	—	RY Scorpii	17 44 16	—33 40 5	+3.96	—0.02	7.8	9	v
6389	20.1901	RS Ophiuchi	17 44 50	— 6 40.2	+3.23	—0.02	—	—	—
6394	—	U Arae	17 45 41	—51 39.8	+4.76	—0.02	9	<12	ph
6404a	21.1901	V Arae	17 47 17	—48 16.8	+4.57	—0.02	9.10	<12	ph
6416	22.1901	W Arae	17 49 15	—49 46.8	+4.65	—0.02	—	—	—
6429	24.1900	S Arae	17 51 27	—49 25.2	+4.63	—0.01	9.10	11	v
6452	—	RY Herculis	17 55 25	+19 29.3	+2.60	—0.01	9	<12	v
6458	1.1900	V Draconis	17 56 17	+54 52.8	+1.17	—0.01	9	11	v
6469	23.1901	W Coron. austr.	17 58 14	—39 20.5	+4.17	0.00	—	—	—
6490	—	RW Herculis	18 1 42	+22 3.8	+2.53	0.00	9	<12	v
6496	24.1901	X Coron. austr.	18 2 36	—45 26	+4.43	0.00	—	—	—
6523	25.1901	Y Coron. austr.	18 7 12	—42 53	+4.31	+0.01	—	—	—
6549	—	W Lyrae	18 11 28	+36 38.1	+2.08	+0.02	8.9	12	v
6594	26.1901	T Telescopii	18 19 0	—49 42	+4.64	+0.03	11	<13	ph
6628	27.1901	SS Sagittarii	18 24 39	—16 58.0	+3.48	+0.04	9.10	—	v
6636a	—	RX Herculie	18 26 1	+12 32.5	+2.78	+0.04	7	7.8	v
6676	10.1900	RZ Hersulis	18 32 44	+25 57.9	+2.43	+0.05	9	12	ph
6685	12.1900	Y Lyrae	18 34 12	+43 51.8	+1.80	+0.05	10.11	<12	ph
6686	—	U Coron. austr.	18 34 18	—37 55.6	+4.10	+0.05	8.9	11	v
6724	—	V Coron. austr.	18 40 42	—38 15.7	+4.11	+0.06	9	<10	v
6749	28.1901	S Scuti	18 44 55	— 8 1.3	+3.26	+0.06	6	8	v
6773	73.1901	U Scuti	18 48 52	—12 43.8	+3.37	+0.07	9	9.10	v
6780	29.1901	T Scuti	18 50 0	— 8 18.4	+3.26	+0.07	9.10	—	v
6815	30.1901	ST Sagittarii	18 53 55	—12 54.1	+3.37	+0.08	7.8	<10	v
6816	15.1900	Z Lyrae	18 56 0	+34 49.1	+2.17	+0.08	9	11	ph
6826	31.1901	SU Sagittarii	18 57 43	—22 51.3	+3.62	+0.08	8,9	—	v
6843	32.1901	U Telescopii	19 0 30	—49 4	+4.56	+0.09	—	—	—
6894	—	X Lyrae	19 8 58	+26 36.1	+2.43	+0.10	8.9	9.10	v
6896	72.1901	RS Lyrae	19 9 18	+33 14.6	+2.24	+0.10	10	<12	v
6900a	—	U Draconis	19 9 57	+67 6.6	+0.05	+0.10	9.10	<12	v

No. nach Chandler	Prov. Bez. A. N.	Name	Position für 1900.0 RA.	Position für 1900.0 Decl.	Praecession 1900 R. A.	Praecession 1900 Decl.	Helligkeit Max.	Helligkeit Min.	
			h m s	° ′	s	′			
6900b	—	RY Sagittarii	19 10 1	−33 41.9	+3.92	+0.10	6	<11	v
6903a	33.1901	V Telescopii	19 10 34	−50 37.5	+4.62	+0.10	9	10.11	ph
6920	2.1901	TZ Cygni	19 13 22	+50 0	+1.56	+0.10	9.10	11	v
6974	34.1901	RR Lyrae	19 22 17	+42 35.5	+1.92	+0.12	7	8	ph
7008	—	UV Cygni	19 28 3	+43 25.5	+1.90	+0.12	7.8	9	v
7019	1.1901	TY Cygni	19 29 51	+28 6.2	+2.41	+0.13	10	<14	ph
7084	—	U Vulpeculae	19 32 16	+20 6.6	+2.62	+0.13	7	7.8	v
7040	—	RT Aquilae	19 33 17	+11 29	+2.82	+0.13	9	<13	v
7056	17.1900	RV Aquilae	19 35 57	+ 9 41.5	+2.86	+0.14	9	<12	v
7063	—	TT Cygni	19 37 7	+32 23.1	+2.30	+0.14	7.8	<9	v
7085a	—	SU Cygni	19 40 49	+29 1.4	+2.40	+0.14	6.7	7.8	v
7096	—	SY Cygni	19 42 43	+32 27.6	+2.31	+0.14	10	<12	ph
7099	35.1901	W Telescopii	19 43 6	−50 15	+4.52	+0.15	—	—	—
7100	13.1900	TU Cygni	19 43 19	+48 49.3	+1.70	+0.15	9	<13	v
7190	—	S Telescopii	19 58 25	−55 50.1	+4.78	+0.16	9	11	ph
7220a	—	X Pavonis	20 3 21	−60 13.8	+5.09	+0.17	9	10	ph
7223	—	SW Cygni	20 3 50	+46 0.6	+1.89	+0.17	8.9	11.12	v
7229	—	SV Cygni	20 6 28	+47 34.6	+1.83	+0.17	8	9	v
7244	—	RW Aquilae	20 7 16	+15 45.7	+2.75	+0.17	8.9	9.10	v
7248	—	RU Aquilae	20 8 3	+12 41.8	+2.82	+0.18	9	11	v
7251	—	RZ Sagittarii	20 8 30	−44 42.6	+4.19	+0.18	9	<11	ph
7267	36.1901	X Telescopii	20 11 12	−52 56	+4.56	+0.18	10.11	13	ph
7268	—	RT Capricorni	20 11 15	−21 37.5	+3.52	+0.18	7.8	10	v
7269	—	SX Cygni	20 11 33	+30 46.0	+2.40	+0.18	8.9	10	v
7277	37.1901	Y Telescopii	20 12 52	−51 0.9	+4.45	+0.18	8	10	ph
7331	—	T Microscopii	20 21 50	−28 35.4	+3.67	+0.19	7.8	8.9	ph
7336	—	U Microscopii	20 22 36	−40 45.0	+4.01	+0.19	8.9	<12	ph
7378	2.1900	SZ Cygni	20 29 38	+46 15.6	+1.96	+0.20	8	9.10	v
7379	—	ST Cygni	20 29 55	+54 37.6	+1.58	+0.20	9	14	v
7380	16.1900	TV Cygni	20 30 2	+46 13.3	+1.97	+0.20	9	9.10	v
7538	—	RR Capricorni	20 56 23	−27 29.0	+3.57	+0.23	9	<10	v
7539	22.1900	TX Cygni	20 56 25	+42 12.4	+2.20	+0.23	8 9	10	v
7570	—	RS Capricorni	21 1 40	−16 49.4	+3.36	+0.24	8	9.10	ph
7571a	20.1900	TW Cygni	21 1 45	+29 0.3	+2.55	+0.24	9	<12	ph
7582	—	X Cephei	21 3 39	+82 39.9	−4.15	+0.24	10	<12	v
7594	—	RS Aquarii	21 5 45	− 4 26.6	+3.14	+0.24	9.10	<14	v
7610	18.1900	R Equulei	21 8 24	+12 23.4	+2.87	+0.24	8	<10	v
7619	—	RR Aquarii	21 9 40	− 3 18.6	+3.12	+0.25	8.9	13	v
7641	—	T Indi	21 13 34	−45 26.6	+3.98	+0.25	7	9	ph
7658	—	X Pegasi	21 16 16	+14 1.6	+2.85	+0.25	9	<12	v
7685	—	S Microscopii	21 20 48	−30 17.0	+3.57	+0.26	8	<11	—
7774	38.1901	UU Cygni	21 35 42	+42 45	+2.34	+0.27	—	—	—
7793	—	SS Cygni	21 38 47	+43 7.6	+2.35	+0.27	7	11	v
7961	14.1900	Y Pegasi	22 6 47	+13 51	+2.92	+0.29	9.10	<10	v
8026	39.1901	RT Aquarii	22 17 41	−22 34.0	+3.31	+0.30	9.10	—	v
8027	—	T Lacertae	22 17 54	+13 52.3	+2.09	+0.30	9	<12	v
8043	40.1901	T Pisc. austr.	22 20 31	−29 35.4	+3.39	+0.30	—	—	—
8302	—	Y Sculptoris	23 3 40	−30 40.5	+3.27	+0.32	8	9	v
8305	66.1901	RU Aquarii	23 19 10	−17 52.1	+3.15	+0.33	8.9	9.10	ph
8453	41.1901	Z Andromedae	23 28 51	+48 16.0	+2.87	+0.33	—	—	—
8518	—	Z Cassiopejae	23 39 40	+56 1.6	+2.90	+0.33	9.10	<10	v
8562	—	Z Aquarii	23 47 5	−16 24.7	+3.09	+0.33	8	9.10	ph
8584	5.1900	RR Cassiopejae	23 50 38	+53 10	+3.00	+0.33	9	11	v
8610	42.1901	Z Pegasi	23 54 59	+25 20.6	+3.06	+0.33	9	—	v
8629	—	Y Cassiopejae	23 58 10	+55 7.3	+3.06	+0.33	9.10	<13	ph

Neue Sterne.

2126	3.1901	Nova Persei	3 24 24	+43 33.7	+4.06	+0.21	1	—	v
6817	—	Nova Sagittarii	18 56 13	−13 18.2	+3.38	+0.08	4.5	—	v
6932	11.1900	Nova Aquilae	19 15 16	− 0 19.2	+3.08	+0.11	7	—	ph

Photographische Untersuchungen veränderlicher Sterne. Veranlasst durch die Entdeckung Dr. Schwarzschilds [1]) hat Dr. Carl W. Wirtz seine photographisch-photometrischen Beobachtungen auf mehrere veränderliche Sterne ausgedehnt.[2]) Die photographischen Aufnahmen zur Bestimmung der Helligkeit geschahen wie bei Dr. Schwarzschild so, dass die Sterne etwas ausserhalb des Brennpunktes des photographischen Fernrohres aufgenommen wurden. Dadurch erscheinen die Sternscheibchen vergrössert. Zunächst hat Dr. Wirtz den Veränderlichen δ Cephei beobachtet, bei dem er aus gewissen Gründen ein analoges Verhalten wie η Aquilae voraussetzte. Als Vergleichssterne dienten ζ, ι, ε, α und ein Stern 6.5 Grösse, 41″ von δ Cephei entfernt stehend. Die Aufnahmen geschahen bei einem Abstande der Platten von der Brennpunktebene des Fernrohres, die 11 *mm* betrug. Jeder Stern wurde auf der Platte in denselben drei Expositionszeiten belichtet; als solche kommen anfangs 4^s, 10^s, 24^s, dann 10^s, 24^s, 50^s, endlich 15^s, 30^s, 60^s vor. Die Erledigung sämtlicher Aufnahmen einer Platte nahm etwa $^1/_4$ Stunde in Anspruch. Über die weitere rechnerische Behandlung des erhaltenen Beobachtungsmateriales ist auf die Originalabhandlung zu verweisen. Die erhaltenen photographischen Grössen wurden dann nach der seit dem letzten Minimum der Helligkeit des Sternes verflossenen Zeitfolge geordnet und auf diese Weise 42 Punkte der Lichtkurve des Veränderlichen bestimmt. Es ergiebt sich aus derselben, dass der Stern photographisch im Maximum 4.68, im Minimum 5.93 Grösse ist, die Amplitude der photographischen Lichtschwankung also 1.25 Grössenklasse beträgt. Der Zeitunterschied zwischen Maximum und Minimum ist $1^d\ 10.5^h$, bei einer Periodendauer von $5^d\ 8^h\ 48^m$. Dr. Wirtz hat nun weiter untersucht, wie sich der durch direkte Betrachtung erkennbare (optische) Lichtwechsel zu dem photographischen verhält, und hierzu die Beobachtungen von Argelander, Schoenfeld, Oudemans und Schur, sowie für die Sterngrössen die Angaben der Harvard Photometry benutzt. Es ergab sich als Maximum der Helligkeit von δ Cephei 3.66, als Minimum 4.18 Grösse, demnach die Amplitude der Helligkeitsschwankung zur 0.52 Grössenklasse. »Verglichen mit den photographischen Grössen, zeigt sich, dass dieselben im Minimum um 1.7^m, im Maximum um 1.0^m schwächer sind, als die optischen, und dass die photographische Lichtschwankung die optische bedeutend übertrifft, indem sich das Verhältnis:

$$\frac{\text{Photogr. Ampl.}}{\text{Opt. Ampl.}} = \frac{1.25}{0.52} = 2.4 \text{ berechnet.}$$

Im übrigen verlaufen aber beide Kurven durchaus parallel. Einmal ist kein Phasenunterschied vorhanden; sowohl Minimum wie

[1]) Siehe Jahrbuch 11. p. 74.
[2]) Astron. Nachr. No. 3689—3691.

Maximum treten zu den aus den optisch abgeleiteten Elementen berechneten Zeitpunkten ein. Für das Minimum verrät dies ohne weiteres die Kurve, das Maximum aber folgt auf das Minimum nach

Argelander in	1 d	14.6 h
Schoenfeld	1	13.6
Oudemans	1	6.0
Schur	1	13.7
Mittel:	1	12.0

während photographisch in Übereinstimmung damit gefunden wurde 1 d 10.5 h. Auch zwei mehr oder minder sichere sekundäre Anschwellungen der optischen Kurve deutet die photographische unverkennbar an. Das Nebenmaximum Argelanders bei 2.8 d findet sich, allerdings stark abgeflacht, bei 3.0 d der Kurve; Prof. Schurs Beobachtungen würden ebenfalls bei 2.5 d einen Buckel der Kurve rechtfertigen. Schur zeichnet ihn aber nicht ein. Oudemans' Schätzungen verlegen das sekundäre Maximum nach 4.9 d, also kurz vor das Hauptminimum, während nahe dabei, bei 4.3 d, auch die photographischen Aufnahmen einen zweiten Stillstand des Lichtes im absteigenden Aste anzeigen.«

Von dem Veränderlichen ζ Geminorum hat Dr. Wirtz zunächst nur zehn Aufnahmen erhalten, doch verteilen sich dieselben recht günstig über die ganze Periode des Lichtwechsels. Aus denselben folgt für die photographische Helligkeit: Maximum 4.67, Minimum 5.67, Amplitude 1.00 Grössenklasse; Zeitunterschied zwischen Maximum und Minimum 5 d 14 h. Die Untersuchung der optischen Beobachtungen dieses Sternes ergiebt als Helligkeitsschwankung nur 0.6 Grössenklasse, so dass das Verhältnis der photographischen zu der optischen Lichtschwankung 1.7 beträgt. Dr. Wirtz bemerkt im Anschluss hieran:

»Durch diesen Nachweis, dass, ausser η Aquilae, auch die Veränderlichen δ Cephei und ζ Geminorum eine photographische Amplitude besitzen, die ihre optische erheblich übertrifft, reiht sich den charakteristischen Merkmalen der Variabeln vom Aquilatypus ein neues an. Die drei Sterne haben folgende Verhältniszahlen von photographischer zu optischer Amplitude:

$$\frac{\text{Photogr. Ampl.}}{\text{Opt. Ampl.}} =$$

für η	Aquilae	1.9
δ	Cephei	2.4
ζ	Geminorum	1.7.

Dass es sich bei ihnen ausnahmslos um enge binäre Systeme handelt, lehrten schon unzweideutig die spektrometrischen Messungen der Linienverschiebungen, vornehmlich durch Belopolsky, der aus seinen Beobachtungen für das System δ Cephei die Bahn ableitete:

$$P = 5^d\ 9^h$$
$$\omega = 88^\circ$$
$$u_1 = 91$$
$$e = 0.5$$
$$a \sin i = 180000 \text{ g. Meilen.}$$

Durchgang durch das Periastron 0.9^{d} nach dem Minimum. Gleichfalls aus Belopolskys Aufnahmen fand ich sodann nach der von Schwarzschild angegebenen Methode für ζ Geminorum die verhältnismässig wenig exzentrische Bahn:

$$P = 10^{d}\ 4^{h}$$
$$\omega = 54^{\circ}$$
$$e = 0.05$$
$$a \sin i = 394000 \text{ g. Meilen.}$$

Die Beziehnung der Phasen der Bahn zu denen der Lichtschwankung lässt sich, wegen der Unzulänglichkeit der Elemente der letztern, nicht genau festsetzen; dass aber auch hier, wie bei η Aquilae und δ Cephei, eine Verspätung der Epochen der Nullgeschwindigkeit gegen die Epochen des Lichtminimums stattfindet, ist sicher.

Speziell für δ Cephei hat A. W. Roberts eine Theorie der Erscheinungen entwickelt, die sowohl die optischen wie die spektroskopischen Beobachtungen darstellt. Er nimmt an, dass mit der Annäherung des Begleiters in exzentrischer Bahn an den Hauptstern eine Erhitzung verbunden sein müsse, die den Stern rasch bis zu seinem erst nach dem Periastron eintretenden Lichtmaximum ansteigen lasse. Da mit dieser Erhitzung nach physikalischen Gesetzen eine Verlegung des Intensitätsmaximums der Strahlung gegen das blaue, chemisch wirksamere Ende des Spektrums verbunden ist, hat eine photographisch grössere Amplitude nichts Überraschendes mehr. Ersetzt man die Erwärmungsprozesse durch Flutwellen, die in den Photosphären der beiden selbstleuchtenden Körper beim Umlaufe erregt werden, so gelangt man zu demselben Resultate, vorausgesetzt nur, dass die Photosphären aktinische Strahlen mehr absorbieren als optisch wirksame. Wahrscheinlich sind beide Ursachen, Erhitzung und Gezeitenphänomen, thätig; und durch geeignete Hypothesen über die Gezeitenreibung, über die Verspätung des Gipfels der Flutwelle gegen den Radiusvektor der beiden Körper, wird man allen Erscheinungen befriedigend gerecht werden können. Wirkliche Okkultationen braucht man nur in Ausnahmefällen, z. B. bei η Aquilae, heranzuziehen.

Der geringern Exzentrizität bei ζ Geminorum entspricht sowohl eine geringere absolute Helligkeitsschwankung und eine regelmässigere Lichtkurve, als auch ein geringes Verhältnis von photographischer und optischer Amplitude, welches eine eingehende Verfolgung des Sternes vielleicht noch vermindern wird. Am grössten findet sich dieses Verhältnis bei δ Cephei; das System hat auch die grösste Exzentrizität, Bei η Aquilae beträgt die Exzentrizität 0,14, liegt also zwischen der von ζ Geminorum und δ Cephei; ebenso auch jenes Verhältnis, welches 1.9 ausmacht.

Ein analoges Verhalten von photographischem und optischem Lichtwechsel wird mit grösster Wahrscheinlichkeit die Beobachtung noch für folgende Sterne aufdecken: T Monocerotis (Ch. 2279), W Geminorum, W Virginis (4805), X Sagittarii (6368), Y Ophiuchi

(6404), W Sagittarii (6472), Y Sagittarii (6573), U Sagittarii (6636) U Aquilae (6984), S Sagittae (7149), X Cygni (7437), T Vulpeculae (7483).« Die beiden bisher behandelten Sterne gehören zu dem Spektraltypus IIa nach Vogel, ζ Geminorum laut Draper-Cataloge, mit leichter Annäherung an IIIa, und weisen eine dunkelgelbe Farbe auf; ihrer Veränderlichkeit nach zählen sie, besonders δ Cephei, zu den regelmässigsten uns bekannten Objekten. Um nun im Gegensatze zur vorigen Gruppe auch einen Vertreter der unregelmässigen Veränderlichen photographisch zu untersuchen, wählte Dr. Wirtz den in dieser Hinsicht typischen Stern α Herculis. Dem Spektraltypus IIIa angehörend, besitzt er eine stark rötliche Färbung (in Osthoffs Skala 6.6°), welche der visuellen Beobachtung grosse Schwierigkeiten in den Weg legt, als Fehlerquelle für die photographischen Aufnahmen aber natürlich wegfällt. Die photographische Untersuchung befolgte genau den schon für δ Cephei eingeschlagenen Weg. Als Vergleichssterne dienten α, κ, ι Ophiuchi und β Herculis. Die Beobachtungen erstrecken sich auf die Zeit vom 11. Juli bis 6. Nov. 1899. Die aus der berechneten Helligkeit bestimmte Lichtkurve ergab Maxima der photographischen Helligkeit für Sept. 11 und Oktober 16, Minima für August 17 und Oktober 7, mit einer Amplitude der Lichtschwankung von 0.20 und 0.21 Grössenklasse. Das optische Verhalten des Sternes ist von Argelander, Schoenfeld, Heis und Baxendell untersucht worden. Lexterer findet als mittlere Grösse im Maximum 3.32, im Minimum 3.59, als mittlere Schwankung des Lichtwechsels 0.27 Grössenklasse. Oft ist der Lichtwechsel ganz unmerklich. Es lässt sich aus den obigen Beobachtungen von Dr. Wirtz über das Verhältnis der photographischen Amplitude zur optischen nur aus gleichzeitigen Beobachtungen urteilen und auch dies bei der Röte des Sternes und den daraus entspringenden physiologischen Einflüssen nur mit grosser Vorsicht.

Dr. Wirtz hat auch den rötlichen, ebenfalls zur Spektralklasse IIIa gehörigen Stern R Lyrae photographisch untersucht. Die Beobachtungen umfassen den Zeitraum 1899 August 10 bis Dezember 6; sie ergaben, dass dieser Stern während dessen keine regelmässige stetige Lichtänderung zeigte, sondern unruhig hin und her flackerte, was auch durch Okularbeobachtungen während dieser Zeit bestätigt wurde. Man gewinnt, sagt Dr. Wirtz, den Eindruck, als ob der Stern eine Mittelstellung einnehme zwischen dem Aquila-, Mira- und Oriontypus und, ohne dass man ihn einem derselben zuzuweisen vermöchte, einzelne Eigenschaften von allen besitzt.

Der Veränderliche SS Cygni. Der Ort dieses Sternes für 1900.0 ist: $\alpha\ 21^h\ 38^m\ 46.2^s\ \delta + 43°\ 7'\ 35''$. Die Veränderlichkeit des Sternes wurde von Miss Wells auf Harvard-Photographien erkannt,[1]) und ist er seitdem von J. A. Parkhurst und Z. Daniel auf-

[1]) Harvard Circular No. 12.

merksam beobachtet worden.[1]) Dieselben fanden, dass dieser Stern in seinem normalen Glanze 11.34 Grösse ist und während drei Viertel der Periode so bleibt. Dann nimmt er rasch bis zu einem Maximum von 8.5 Grösse zu; der grösste Teil dieser Zunahme, zwischen 11. und 9. Grösse umfasst 19 Stunden. Die Abnahme ist viel langsamer. Die Veränderlichkeit zeigt indessen sogenannte lange und kurze Maxima, in erstern bleibt er 19 Tage über der normalen Helligkeit, in letztern nur 12 Tage, während die Dauer der normalen Helligkeit nach langen Maximis 44, nach kurzen 40 Tage beträgt. Die eben genannten Beobachter haben den Stern vom Dezember 1896 bis zum Juli 1900 möglichst anhaltend verfolgt. Bis zum Schlusse des Oktober 1899 zeigte er regelmässig die Abwechselung von kurzen und langen Maximis, dann aber trat plötzlich mit dem Dezember eine Umänderung des Lichtwechsels ein, indem er ein Maximum von völlig anderem Typus zeigte und diesem zwei lange, ein kürzeres und wieder ein langes Maximum folgten, bis zu dem Tage, mit dem die Mitteilungen der Beobachter schliessen. Ein solches Verhalten eines regelmässigen Veränderlichen steht bis jetzt einzig in den Annalen der veränderlichen Sterne da.

Was die normale Lichtkurve der Veränderlichkeit anbelangt, so beginnt die Helligkeitszunahme plötzlich und geht mit grosser Geschwindigkeit vorwärts, so dass in einem kurzen Maximum 2.0 Tage später, in einem langen 5.0 Tage später die grösste Helligkeit erreicht ist. Die Abnahme von 9.—11. Grösse dauert in beiden Fällen etwa 6 Tage. Auf der sogenannten normalen Helligkeit verharrt der Stern völlig ohne merkliche Lichtschwankung. Die mittlere Dauer der Periode von einem zum andern kurzen Maximum beträgt 113.29 Tage, von einem zum andern langen 114.73 Tage. Die oben genannten Beobachter betonen, dass die Lichtkurve von SS Cygni eine grosse Ähnlichkeit mit derjenigen besitzt, welche die veränderlichen Sterne in Sternhaufen zeigen.

Ein Verzeichnis von 64 neu entdeckten veränderlichen Sternen hat Edw. Pickering veröffentlicht.[2]) Sie wurden auf photographischem Wege gefunden und ein grosser Teil derselben an dem Vorhandensein von hellen Wasserstofflinien im Spektrum erkannt, andere daran, dass ihr Spektrum zum 4. Typus gehört. Pickering hat diese neuen Veränderlichen in zwei Gruppen geschieden, zur ersten gehören diejenigen, deren Lichtwechsel auch dem unerfahrensten Beobachter nicht entgehen kann, zur zweiten die, deren Helligkeitsänderungen zwischen 0.5 und 1. Grössenklasse liegen. Die Konstatierung der Veränderlichkeit geschah durch Prüfung der photographischen Aufnahme seitens zweier unabhängig urteilender und in diesen Helligkeitsschätzungen erfahrener Beobachter. Die folgende

[1]) Astrophys. Journal 12. IV. p. 259.
[2]) Harvard Circ. No. 54.

Tabelle enthält nähere Angaben über diese Sterne. In der Kolumne »Klasse« ist die Bezeichnung des Spektraltypus gegeben, dem die Sterne angehören, und zwar nach dem System des Draper Kataloges. Demzufolge bezeichnet Mc ein Spektrum des 3. Typus ähnlich dem von o Ceti im kleinsten Lichte, Md ein ähnliches Spektrum, in welchem die Wasserstofflinien indessen so hell sind wie bei o Ceti im Maximum: dazwischen liegende Spektra sind durch Mc 5 d bezeichnet; N bezeichnet ein solches des 4. Typus, und Pec. bedeutet, dass das Spektrum eigenartig ist.

Veränderliche Sterne mit starkem Lichtwechsel.

Sternbild	Bezeichnung	R. A. 1900	Dec. 1900	Klasse	Entdecker
		h. m.	° ′		
Chamäleon	Z. C. 8 h 2054	8 24.1	— 76 2	Md	W.P. Fleming
Carina		9 18.2	— 68 20	Md	W.P. Fleming
Vela	A. G. C. 13539	9 51.3	— 41 7	N	L. D. Wells
Antlia	A. G. C. 14440	10 30.8	— 39 3	N	L. D. Wells
Carina		10 33.2	— 61 48		E.C.Pickering
Centaurus	Z. C. 11 h 129	11 2.9	— 54 35	N	L. D. Wells
Virgo	— 18° 3660	13 36.3	— 18 38		L. D. Wells
Lupus	Z. C. 14 h 3225	14 52.6	— 53 0	N	W.P. Fleming
Lupus		15 8.5	— 50 25		E.C.Pickering
Circinus		15 20.0	— 57 22	Md ?	W.P. Fleming
Norma	Z. C. 16 h 59	16 2.6	— 48 58	Md ?	W.P. Fleming
Norma	A. G. C. 21999	16 9.0	— 52 21	Md ?	W.P. Fleming
Norma	— 51° 10147	16 17.7	— 51 42	N	W.P. Fleming
Triang.Austr.	Gilliss 12037	16 39.8	— 67 36	N	W.P. Fleming
Scorpius	— 43° 11672	17 18.1	— 43 44	Md	W.P. Fleming
Scorpius	— 35° 11923	17 40.8	— 35 40	N	W.P. Fleming
Ophiuchus	— 6° 4661	17 44.8	— 6 40		W.P. Fleming
Ara	— 48° 12145	17 47.3	— 48 17	Md	W.P. Fleming
Ara	— 49° 11810	17 49.2	— 49 46	Mc	W.P. Fleming
Corona Austr.	— 39° 12196	17 58.2	— 39 20	N	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 2.6	— 45 26	Mc	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 7.2	— 42 53	Md	W.P. Fleming
Telescopium		18 19.0	— 49 42	Md	W.P. Fleming
Sagittarius	— 16° 4904	18 24.6	— 16 59	N	W.P. Fleming
Scutum	— 8° 4726	18 44.9	— 8 1	N	L. D. Wells
Scutum	— 8° 4764	18 50.0	— 8 19	N	W.P. Fleming
Sagittarius		18 55.9	— 12 54	Md	W.P. Fleming
Sagittarius	— 22° 4958	18 57.7	— 22 51	Mc	W.P. Fleming
Telescopium		19 0.5	— 49 4	Md	W.P. Fleming
Telescopium	C. P. D. — 50° 11027	19 10.5	— 50 38	Md ?	W.P. Fleming
Lyra	+ 42° 3338	19 22.2	+ 42 36		W.P. Fleming
Telescopium		19 43.1	— 50 15	Md	W.P. Fleming
Telescopium		20 11.2	— 52 56	Md	W.P. Fleming
Telescopium	— 51° 12487	20 12.9	— 51 1	Mc 5 d	W.P. Fleming
Cygnus		21 35.7	+ 42 45		H. R. Colson
Aquarius	— 22° 5901	22 17.7	— 22 35	Md ?	W.P. Fleming
Piscis Austr.	A. G. C. 30605	22 20.5	— 29 35		W.P. Fleming
Andromeda	+ 48° 4093	23 28.8	+ 48 16	Md ?	W.P. Fleming
Pegasus	+ 25° 5054	23 55.0	+ 25 21	Md ?	W.P. Fleming

Veränderliche Sterne mit geringerem Lichtwechsel.

Sternbild	Bezeichnung	R. A. 1900	Dec. 1900	Klasse	Entdecker
		h. m.	° ′		
Hydrus		2 10.4	— 71 57	Mc 5 d	W.P. Fleming
Hydrus	A. G. C. 2634	2 26.3	— 69 58	Mc 5 d	W.P. Fleming
Cetus	A. G. C. 2859	2 37.4	— 23 2	Mc 5 d	W.P. Fleming
Horologium	Z. C. 2 h 1104	2 41.2	— 54 44	Mc	W.P. Fleming
Eridanus	— 1° 546	3 46.4	— 1 41	Mc 5 d	W.P. Fleming
Puppis	A. G. C. 8954	7 1.7	— 35 47	Mc 5 d	W.P. Fleming
Canis Major	— 11° 1805	7 3.4	— 11 46	N	W.P. Fleming
Lynx	+ 46° 1271	7 20.9	+ 46 10	Mc	W.P. Fleming
Hydra	— 8° 2343	8 19.6	— 8 11	Mc 5 d	W.P. Fleming
Hydra	— 9° 2612	8 34.9	— 9 14	Mc 5 d	W.P. Fleming
Virgo	— 8° 3329	12 15.2	— 8 27	Md?	W.P. Fleming
Centaurus	A. G. C. 17944	13 6.3	— 56 28		L. D. Wells
Virgo	— 2° 3653	13 8.9	— 2 16	Mc 5 d	W.P. Fleming
Chamäleon	A. G. C. 18352	13 24.6	— 77 3		W.P. Fleming
Lupus	Z. C. 14 h 970	14 16.9	— 47 4	N	W.P. Fleming
Norma	— 50° 10442	16 14.6	— 50 14	Md	W.P. Fleming
Serpens	— 15° 4923	18 13.6	— 15 39	N	W.P. Fleming
Corona Austr.		18 23.7	— 45 2	Md	W.P. Fleming
Telescopium	— 48° 12910	19 0.1	— 48 44	Mc	W.P. Fleming
Sagittarius	— 16° 5360	19 28.6	— 16 35	N	L. D. Wells
Sagittarius	C. P. D.— 41° 9189	19 40.6	— 41 26	Mc 5 d	W.P. Fleming
Sagittarius	A. G. C. 27520	20 0.8	— 27 31	Mc 5 d	W.P. Fleming
Octans	Gilliss 15580	22 5.7	— 85 10	Mc 5 d	W.P. Fleming
Aquarius	— 18° 6299	23 19.2	— 17 52	Pec.	W.P. Fleming
Cassiopeiae	+ 56° 3111	23 49.4	+ 56 56	Pec.	L. D. Wells

Von einer Anzahl Sterne dieser Verzeichnisse, sowie von einigen früher als veränderlich erkannten, wurden auf den Photographien der Harvardsternwarte die Maxima und Minima der Helligkeit, in denen sie auf den Photographien erschienen, bestimmt. Die Ergebnisse enthält folgende Tabelle:

Photographische Helligkeit veränderlicher Sterne.

R. A. 1900	Dez. 1900	No.	Maximum	Minimum	Quelle	R. A. 1900	Dez. 1900	No.	Maximum	Minimum	Quelle
h. m.	° ′					h. m.	° ′				
2 10.4	—71 57	75	9.6	10.5	Tabelle II	16 54.3	—54 55	50	9.9	11.0	Circular 24
2 37.4	—23 2	68	7.7	8.6	Tabelle II	17 34.7	—57 40	43	8.3	9.8	Circular 24
6 28.1	— 8 48	54	9.0	10.1	Circular 32	17 45.7	—51 40	56	8.9	12.4	Circular 24
8 1.7	—38 29	47	0.3	10.2	Circular 24	17 47.3	—48 17	134	9.7	<12.3	Tabelle I
8 3.1	—22 38	23	9 4	11.6	Circular 24	18 13.6	—15 39		8.5	9.1	Tabelle II
8 24.7	— 5 59	48	8.0	9 6	Circular 24	18 19.0	—49 42	129	11.3	<12.7	Tabelle I
8 34.9	— 9 14	70	7.7	9.0	Tabelle II	18 23.7	—45 2	107	11.9	12.6	Tabelle II
9 13.5	—65 49	116	10.9	12.1	Circular 32	19 10.5	— 50 38	113	9.2	10.6	Tabelle I
10 8.3	+60 31	76	7.0	8.3	Circular 32	19 22.2	+42 36	191	7.2	8.1	Tabelle I
10 33.2	—61 48	210	10.1	<12.5	Tabelle I	19 37.1	+32 23	58	8.7	10.3	Circular 24
11 59.6	— 5 13	77	7.2	8.8	Circular 32	20 3.3	—60 14	75	9.0	10.2	Circular 24
12 2.1	— 6 12	80	7.1	8.3	Circular 24	20 11.2	—52 56	91	10.5	12.9	Tabelle I
13 15.1	—61 3	55	10.5	11.3	Circular 24	20 12.9	—51 1	124	8.1	9.7	Tabelle I
14 1.7	+13 59	30	10.0	13.0	Circular 24	21 13.6	—45 27	83	7.2	8.9	Circular 24
16 17.7	—51 42	102	11.0	<12.3	Tabelle I	23 19.2	—17 52	73	8.3	<9.4	Tabelle II

Das Maximum des Veränderlichen Mira Ceti im Jahre 1899 wurde von A. A. Nijland durch Beobachtungen auf den 19. September fixiert,[1]) während Chandlers Rechnung den 3. September als Tag des Maximums giebt. Die Verspätung beträgt also 16 Tage. Nach Nijland hat man überhaupt für die vier letzten Maxima dieses Sternes folgende Daten:

Beobachtetes Maximum	Berechnetes Max. nach Chandler	Verspätung	Periodendauer	Helligkeit
1897 Januar 11	1876 Dezemb. 12	30d		3.70 Grösse
1891 Novemb. 26	1897 Novemb. 9	17	319d	3.24 «
1898 Oktober 4	1898 Oktober 6	—2	312	2.91 «
1899 Septemb. 19	1899 Septemb. 3	16	350	3.75 «

Der Veränderliche S Arae, welcher vor nicht langer Zeit von Innes entdeckt wurde, ist von Alexander W. Roberts zu Lovedale genauer beobachtet worden.[2]) Der Stern ist auf der nördlichen Hemisphäre nicht zu sehen. Roberts giebt folgende Elemente des Lichtwechsels: Periodendauer $10^h\ 50^m\ 45^s$, Epoche des hellsten Lichtes: 1900 Januar 1. $4^h\ 12^m$ (M. Zt. Greenwich), Epoche des kleinsten Lichtes: 1900 Januar 1. $7^h\ 20^m$ (M. Zt. Greenwich), Verhältnis der Zunahme zur Dauer der Lichtabnahme 0.29, Grenzen der Veränderlichkeit 9.53 und 10.84 Grösse.

Der veränderliche S Carinae ist bezüglich seiner Periodendauer von Alex. W. Roberts genauer untersucht worden,[3]) wobei sich ergab, dass die Länge dieser Periode einer bestimmten säkularen Veränderung unterliegt. Die früheste brauchbare Helligkeitsschätzung des Sternes ist von Lacaille, 1752, März 3, der denselben 7. Grösse fand, so dass damals der Veränderliche nicht weit von seinem Helligkeitsmaximum sein konnte. Genaue und zahlreiche Beobachtungen über denselben liegen seit 1867 vor, und Roberts kommt durch Beobachtung derselben zu folgendem Ergebnisse:

1. Die mittlere Periode der Lichtschwankung von S Carinae beträgt 309·3 Tage, sie variiert zwischen 305·8 und 312·8 Tagen.
2. Die untere Grenze dieser Dauer wurde 1896, die obere 1877 erreicht.
3. Gegenwärtig (1901) beträgt die Periodendauer 307·4 Tage.
4. Der Cyklus dieser periodischen Schwankungen wird in 37 oder 38 Jahren durchlaufen.

Es wäre von Wichtigkeit, diesen Stern spektroskopisch zu verfolgen, um die Bewegung desselben in der Gesichtslinie zur Erde und deren etwaige Änderungen festzustellen.

---

[1]) Astron. Nachr. No. 3678.
[2]) Monthly Notices 61. III, 1901 Jan. p. 163.
[3]) Monthly Notices 61. VIII. p. 552.

Die Bahnen des Veränderlichen des Algoltypus: R R Puppis und V Puppis sind von Alex. W. Roberts untersucht worden.[1]) Der Ort von R R Puppis ist (1900.0): α 7 h 43 m 31 s δ — 40° 7.6'. Nach den Beobachtungen zu Lovedale ist die Dauer der Periode nahe 6 d 10 h 19.6 m, und die Lichtkurve in ihrem Verlauf sehr ähnlich jener von S Velorum. Die Dauer der Lichtzunahme beträgt 4 h 15 m, die stationäre Periode im Minimum 8 h 30 m. Im Maximum ist der Stern 2.7 mal heller als im Minimum; die Helligkeitsunterschiede schwanken zwischen 9.1 und 10.8 Grösse. Die Bahn kann sich nicht sehr von der Kreisform entfernen; wird ihr Radius = 1 gesetzt, so ist der Radius des Hauptsternes = 0.26, des Begleiters 0.08. Der kleinere Stern muss dagegen nahezu zweimal so viel Licht ausstrahlen als die grössern Komponente, oder in gleich grossen Teilen der Oberfläche beider fünfzehnmal so hell sein. Die relative Nähe zweier Sterne von so ungleicher Leuchtkraft ist merkwürdig.

Der Ort von V Puppis ist (1900.0): α 7 h 55 m 22 s δ — 48° 58.4' und die mittlere Periode seiner Veränderlichkeit beträgt 1 d 10 h 54 m 26.7 s. Die Lichtkurve zeigt zwei ungleiche Minima und zwei gleiche Maxima, sehr ähnlich derjenigen von V Pegasi. Schon 1895 wurde der Stern als spektroskopischer Doppelstern erkannt.[2]) Die spektroskopischen Beobachtungen führen auf eine Periodendauer von 3 d 2 h 46 m, welche mit derjenigen der Lichtschwankungen nicht vereinbar ist. Roberts giebt folgende Phasen:

1. Minimum (4.78 Gr.)	1900 Januar 1.	5 h	5 m (M. G. Zt.)
1. Maximum (4.14 «)	« 1.	13	50
2. Minimum (4.66 «)	« 1.	22	40
2. Maximum (4.14 «)	« 2.	7	15

Roberts kommt zu dem Ergebnisse, dass die Lichtkurve des Sternes nur erklärt werden kann unter der Annahme, dass die beiden Komponenten, welche dieses System bilden, in gegenseitiger Berührung miteinander sind. Unter diesen Umständen müssen natürlich grosse Deformationen beider Weltkörper stattfinden, deren Betrag allerdings nicht bestimmt werden kann. Die Dichte des Systems kann nach Roberts nicht grösser sein als 0.02.

Die Nova Aquilae 1899, welche im Jahre 1900 auf Cambridger Photographien von Mrs. Fleming entdeckt wurde, ist bisher noch nicht genauer nach ihrem spektroskopischen Verhalten geschildert worden. Jetzt giebt nun Prof. E. Pickering einige weitere Mitteilungen darüber.[3]) Der Ort des Sternes ist für 1900: α 19 h 15.3 m δ — 0° 19'. Der Stern fehlt auf Platten, die am 1. November 1898 und früher aufgenommen wurden und Sterne bis 13. Grösse enthalten. Am 21. April 1899 erscheint er dagegen als Stern 7. Grösse,

[1]) Astrophys. Journal 1901. No. 3. p. 177.
[2]) Harvard Circular No. 14.
[3]) Harvard Circular No. 56.

und am 27. Oktober 1899 war er bereits 10. Grösse. Im Juli 1900, nachdem er entdeckt worden, war er etwa 12. Grösse. In seinem Spektrum zeigten sich 1899 Juli 3 sieben helle Linien: $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$, $H\gamma$ 4693, $H\beta$ und die Nebellinie 5007. Auf einer Aufnahme vom 7. September 1899 waren dagegen $H\gamma$ und eine etwas schwächere Linie, wahrscheinlich von der Wellenlänge 4959, die einzigen sichtbaren hellen Linien. Am 27. Oktober 1899 waren $H\gamma$ und 5007 allein sichtbar und hell, so dass das Spektrum demjenigen eines gasförmigen Nebelfleckes glich.

Auf der Licksternwarte wurde das sichtbare Spektrum dieser Nova von Campbell und Wright am 27. August 1900 mit einem einfachen Prismenspektroskop am 36-Zoller beobachtet. Es erschien als ein äusserst schwaches Licht im Grün, und ausserdem zeigte es drei helle Banden in den Positionen der Hauptnebellinien. Die Intensitäten dieser Banden schienen auch ziemlich in demselben Verhältnisse zu stehen wie bei den Nebelspektren. Diese Banden waren nicht monochromatisch, sondern sehr breit, vielleicht doppelt so breit als die Banden in dem Nebelspektrum der Nova Aurigae im August 1892.[1])

Die Nova Persei 1901. Am 21. Februar, $13^h\ 40^m$ M. Z. G. entdeckte T. D. Anderson in Edinburg im Perseus einen neuen Stern. Der Ort desselben ist nach den Beobachtungen auf der Harvardsternwarte für 1900.0:

$$\alpha\ 3^h\ 24^m\ 24.02^s\ \delta + 43^0\ 33'\ 42.4''$$

Nach der photographischen Aufnahme der Harvardsternwarte war am 19. Februar an diesem Punkte des Himmels kein Stern vorhanden, dessen Helligkeit die 11. Grössenklasse erreichte. Am Abende des 21. Februar konnte die Nova nicht 3. Grösse gewesen sein, da Dr. Hartwig in Bamberg die betreffende Gegend des Himmels in Augenschein nahm, und ihm ein fremder Stern dieser Grösse sicher nicht entgangen wäre. Anderson bezeichnet den Stern als 2.7 Grösse; am Abende des 22. Februar hatte er jedoch schon die Helligkeit des Procyon erreicht; Hartwig fand ihn an diesem Tage $10^h\ 39^m$ mittl. Zeit von Bamberg 0.2 Grössenklasse heller als α Geminorum, bis $13\,^3/_4{}^h$ aber liess sich eine weitere Helligkeitszunahme nicht erkennen. In der folgenden Nacht, Februar 23, war dagegen die Nova heller geworden, und sie erschien in Bamberg gleich hell mit Capella. Februar 24 $6\,^1/_2{}^h$ sah Prof. Kreutz in Kiel den neuen Stern nur noch in der Helligkeit der Capella, und Februar 26 8^h mittlere Zeit von Kiel konnte dort eine weitere Lichtabnahme desselben konstatiert werden. Auch Dr. Hartwig fand in der Nacht vom 26. zum 27. Februar eine entschiedene Abnahme der Helligkeit. Das Maximum

[1]) Astrophys. Journal 12, No. 4, p. 258.

der Helligkeit scheint hiernach nahe um die Zeit der Mitternacht vom 23. zum 24. Februar eingetreten zu sein.

Am 24. Februar wurde der Stern auf der Yerkessternwarte am 40 zolligen Refraktor untersucht; er war 1. Grösse, und seine Farbe weiss mit einem Stiche ins Rötliche; sehr ähnlich α Orionis. Photometrisch wurde die Nova mit dem Keilphotometer von Prof. Parkhurst untersucht und folgende Grössen derselben bestimmt:

Februar 25	1.0	Grösse	März 3	2.7	Grösse
» 26	1.1	»	» 4	2.8	»
» 27	2.0	»	» 5	2.7	»
» 28	1.9	»	» 6	3.1	»

Diese Bestimmungen deuten auf Lichtschwankungen bei der allgemeinen Helligkeitsabnahme, und Dr. v. Glasenapp sowie Prof. K. Bohlin in Stockholm erkannten diese Lichtfluktuationen deutlich. Nach des letztern Beobachtungen haben zwei Minima des Lichtes stattgefunden, März 19 und März 22. Am 23. März morgens war der Stern wieder in Lichtzunahme begriffen. Dr. v. Glasenapp bestätigte diese Minima und fügte noch ein weiteres, am 25. März eingetretenes, hinzu. Dieselben drei Minima hat ganz unabhängig auch Prof. Dunér in Upsala konstatiert.

Auf dem Radcliffeobservatorium in Oxford wurden folgende Mittelwerte der Helligkeit der Nova erhalten, [1]) bezogen auf die Grössenskala der Harvardphotometrie:

März 8	3.10	Grösse	März 21	3.91	Grösse	März 31	4.40	Grösse
» 9	3.61	»	» 22	5.20	»	April 1	4.19	»
» 10	3.60	»	» 23	3.92	»	» 4	4.08	»
» 11	3.83	»	» 24	4.20	»	» 5	4.28	»
» 12	3.87	»	» 25	5.15	»	» 6	5.60	»
» 13	4.03	»	» 26	4.12	»	» 7	5.60	»
» 16	3.83	»	» 27	3.98	»	» 8	4.40	»
» 18	4.00	»	» 28	4.61	»	» 9	4.57	»
» 20	3.74	»	» 30	4.14	»	» 10	5.31	»

Stanley William hat [2]) auch Helligkeitsbestimmungen der Nova ausgeführt und folgende Grössen (auf die Harvardphotometrie bezogen) erhalten: März 5 2.65; März 7 2.83; März 9 3.3; März 12 3.25; März 18 4.13; März 22 5.22; März 25 5.32; März 26 4.12; März 27 4.02; März 28 4.35; März 29 3.75; März 31 4.35; April 1 4.27; April 4 4.12. Auch Veränderungen der Farbe der Nova hat der Beobachter konstatiert, der Stern schwankte in dieser Beziehung zwischen Weiss und dem roten Tone von Aldebaran. Bei guter Luft stellte sich die Nova stets als scharf begrenzter Stern dar.

Während des April sind die Helligkeitsschwankungen der Nova von A. Müller und P. Kempf auf dem Observatorium zu Potsdam genauer untersucht worden. Diese Beobachter berichten: [3]) »Seit

[1]) Monthly Notices 1901. 61. p. 308.
[2]) a. a. O. p. 396.
[3]) Astron. Nachr. No. 3714.

dem Erscheinen der Nova Persei haben wir dieselbe, so oft es die Witterung gestattete, photometrisch beobachtet, und es ist uns gelungen, bis Ende April an 32 Tagen brauchbare Helligkeitswerte zu erhalten. Wir beabsichtigen, die Messungen auch weiter fortzuführen und später eine zusammenfassende Arbeit über die interessanten Lichterscheinungen des Sternes, welche vielleicht für die Beurteilung der verschiedenen, über die neuen Sterne aufgestellten Hypothesen von Bedeutung sein werden, zu veröffentlichen, nicht nur auf Grund unserer eigenen Messungen, sondern mit Benutzung aller brauchbaren Beobachtungen, soweit sie sich mit genügender Sicherheit auf ein gemeinschaftliches Grössensystem reduzieren lassen. Zunächst geben wir nur einen kurzen, vorläufigen Überblick über die merkwürdigen periodischen Lichtschwankungen der Nova während der letzten Wochen.

Bei frühern neuen Sternen, z. B. bei der Nova Aurigae, ist ebenfalls die gleichmässige Abnahme des Lichtes mehrfach durch kleinere oder grössere Wellen unterbrochen worden, aber niemals sind bisher während eines längern Zeitraumes regelmässig wiederkehrende Lichtschwankungen von so erheblichem Betrage konstatiert worden. Es scheint nach allem, was bisher veröffentlicht worden ist, als ob der Beginn dieser grössern Helligkeitsschwankungen, die noch heute (Mai 7) fortdauern, auf den 16. März fällt. Bis dahin hat die Nova vom 23. Februar an, wo sie ihre Maximalhelligkeit (ungefähr 0.1 *m*) erreicht hatte, offenbar stetig, höchstens mit geringen, eine halbe Grössenklasse nicht übersteigenden Schwankungen, zuerst schneller, dann langsamer bis zur 4. Grösse abgenommen. Am 16. März erfolgte dann ein Anwachsen der Helligkeit, am 18. war ein sekundäres Maximum von etwa 3.5 *m* erreicht, und am 19. ist nach übereinstimmenden Mitteilungen verschiedener Beobachter die Helligkeit plötzlich bis auf etwa 5.3 *m* herabgesunken. Am 20. wurde wieder ein Maximum (etwa 3.5 *m*) und am 22., 25. und 28. scharf ausgeprägte Minima (Grösse etwa 5.0—5.5 *m*) beobachtet.

Vom 9. bis zum 27. April haben wir hier eine zusammenhängende Messungsreihe erhalten, in welcher nur zwei Tage fehlen, und welche daher ein sehr sicheres Bild von den Lichtänderungen der Nova während dieser Wochen giebt. Es zeigt sich, dass die Helligkeit innerhalb dieser Zeit zwischen 4.3 und 6.0 *m* geschwankt hat, dass aber die Länge der Wellen, welche im Monat März etwa drei Tage umfasst zu haben scheint, allmählich grösser geworden ist und gegenwärtig ungefähr fünf Tage beträgt.« Die Beobachter teilen ihre einzelnen Helligkeitsbestimmungen vom 9.—27. mit. An einigen Tagen ist die Nova mehrere Stunden hindurch verfolgt worden, um zu prüfen, ob innerhalb kurzer Zeit unregelmässige Lichtschwankungen, eintreten, doch wurden solche nicht bemerkt. Aus einer graphischen Darstellung ergeben sich die folgenden angenäherten Zeiten für die Maxima und Minima:

Maxima	Minima
April 8.8	April 11.2
13.4	16.1
18.2	21.2
23.1	25.9
27.9	

»Die Periodenlänge beträgt hiernach während der Zeit von April 9 bis April 27 im Durchschnitte etwa 4.8 Tage, sie scheint aber nicht ganz konstant gewesen zu sein. Der Stern verweilte offenbar etwas länger in der Nähe des Minimums als in der Nähe des Maximums, und es muss das Anwachsen der Helligkeit mit grosser Schnelligkeit vor sich gehen.

Auffallend ist noch die auch bereits von anderer Seite bemerkte Farbenänderung, welche im direkten Zusammenhange mit dem Lichtwechsel steht. Aus den Farbenschätzungen ergiebt sich, dass der Stern in der Nähe der Maxima weisslichgelb oder höchstens gelb ist, im Minimum dagegen rötlich. Im Spektrum spricht sich diese Farbenänderung dadurch aus, dass im Maximum das kontinuierliche Spektrum, insbesondere die violetten Partien desselben, relativ viel stärker hervortreten als im Minimum.«

Die Beobachtungen auf dem Radcliffeobservatorium während des Mai ergaben[1]) auch eine deutliche Beziehung zwischen der Helligkeit und der Farbe der Nova, die Rötung nahm in dem Masse zu, als der Stern an Helligkeit verlor. Mittels der zu Oxford erhaltenen Helligkeitsbestimmungen ergiebt sich folgendes:

Mai 11	6.05	Grösse	Mai 17	5.00	Grösse	Mai 24	5.88	Grösse
« 12	5.20	«	« 18	4.65	«	« 31	6.10	«
« 13	4.50	«	« 20	5.67	«	Juni 3	5.05	«
« 14	5.55	«	« 21	6.05	«	« 6	6.00	«
« 15	6.00	«	« 22	4.40	«	« 8	4.57	«
« 16	5.90	«	« 23	5.70	«			

Die spektroskopischen Beobachtungen der Nova wurden sofort nach dem Bekanntwerden der Erscheinung begonnen. Auf dem Observatorium zu Edinburg fand man am 23. Februar das Spektrum völlig kontinuierlich, doch bei genauer Prüfung zeigten sich mehrere sehr schwache Fraunhofersche Linien, so dass es im ganzen einem schwach entwickelten Sonnenspektrum glich. Februar 22 fand man auf der Harvardsternwarte das Spektrum kontinuierlich mit 25 dunklen Linien und gegen das rote Ende hin 6, im blauen Teile eine helle Linie. Am 25. Februar abends dagegen telegraphiert Prof. Pickering an die astronomische Zentralstelle in Kiel, das Spektrum habe sein Aussehen stark geändert und gleiche nunmehr dem Spektrum, welches einst die Nova im Fuhrmann gezeigt hat.

Auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam wurde der neue Stern zuerst am 23. Februar spektralanalytisch untersucht,

[1]) Monthly Notices 61. p. 544.

und Geh.-Rat Vogel schrieb darüber:[1]) »Die Nova wurde von mir und Prof. Lohse am Schröderschen Refraktor von 30 *cm* Öffnung und von Dr. Hartmann am Leitfernrohre des grossen Refraktors beobachtet. Sie erschien etwas heller als Capella und zeigte ein kontinuierliches Spektrum Klasse I, Blau und Violett, auffallend hell. Mit Okularspektroskopen war keine Spur von Linien, weder von hellen, noch dunklen zu erkennen.

Dr. Hartmann hat am 80 *cm* Refraktor zwei Aufnahmen des Spektrums mit Spektrograph I (schwache Dispersion) angefertigt, auf denen eine Reihe von matten breiten Absorptionsbändern zu erkennen ist, und ausserdem zwei ganz scharfe schmale Linien auftreten. Das Spektrum erstreckt sich von λ 3740 bis λ 5800 und enthält auf dieser Strecke keine Emissionslinien. Nach Dr. Hartmanns Messungen sind die Wellenlängen der beiden scharfen Absorptionslinien 3934 und 3969; sie sind ohne Zweifel identisch mit den bekannten Calciumlinien H und K. Aus der Lage dieser Linien ergiebt sich als vorläufiger Wert für die Geschwindigkeit des Sternes in der Gesichtslinie relativ zur Sonne: + 18 *km*. Alle übrigen Linien sind ausserordentlich breit und verwaschen, so dass ihre Messung schwierig ist. Unter diesen Linien tritt die ganze Serie der Wasserstofflinien von $H\beta$ bis $H\varkappa$ auf; ferner scheinen die Magnesiumlinie λ 4481 und die beiden Siliciumlinien λ 3856 und λ 4128 vorhanden zu sein. Die letztgenannten Linien bringen das Spektrum in eine nahe Verwandtschaft mit dem Spektrum von β Orionis.

Alle verwaschenen Linien besitzen eine Verschiebung nach der Seite der kürzern Wellenlängen hin, die einer Geschwindigkeit (rel. zur Sonne) von — 717 *km* entsprechen würde.

Ferner hat Dr. Ludendorff mit dem Spektrographen IV (starke Zerstreuung) in Verbindung mit dem photographischen Refraktor von 32 *cm* Öffnung vier Aufnahmen gemacht. Ausdehnung des Spektrums von λ 4040 bis λ 4520. Auf zwei, etwas kräftiger exponierten Platten ist nichts als ein kontinuierliches Spektrum zu erkennen mit auffallend grosser Intensität im violetten Teile; die zwei andern zeigen einige äusserst schwache, sehr verwaschene breite Absorptionsbänder. Es ist mir mit grosser Anstrengung gelungen, die Lage dieser matten, breiten Bänder im Spektrum durch Messungen einigermassen sicher zu bestimmen.

Die Resultate der Beobachtungen sind folgende:

1.	λ 4092.5	? $H\delta$
2.	λ 4122:	? Si
3.	λ 4202.8	
4.	λ 4228::	? Ca
5.	λ 4331.0	? $H\gamma$
6.	λ 4473:	? Clev., ? Mg

[1]) Astron. Nachr. No. 3693.

Nimmt man für Linie 1 und 5 an, dass es die angegebenen Wasserstofflinien seien, so resultiert aus der Wellenlängendifferenz eine Geschwindigkeit des Wasserstoffgases relativ zur Erde von — 695 *km*, resp. — 664 *km* (relativ zur Sonne): — 722 *km* und — 691 *km*). Linie 6 mit der Cleveïtgaslinie λ 4471.6 identifiziert, würde eine Geschwindigkeit von + 43 *km* relativ zur Erde oder + 16 *km* relativ zur Sonne ergeben. Identifiziert man diese Linie dagegen mit der Magnesiumlinie λ 4481.4, so ergiebt sich rund: — 600 *km* relativ zur Sonne.«

Ausführliche Mitteilungen über die Beobachtungen der Nova machte Prof. Pickering in Cambridge im Circular No. 56. Das Telegramm über den neuen Stern traf in Cambridge (N. A.) am 22. Febr. abends ein. Dort herrschte Schneefall, doch gelang es, von Zeit zu Zeit zwischen den Schneewolken den Stern zu sehen. Er war etwa so hell als α Orionis. Mittlerweile wurde auch das photographische Material, welches auf dem Observatorium aufbewahrt wird, von Mrs. Fleming durchmustert, und es ergab sich, dass die Gegend des Himmels, in der die Nova steht, am 19. Februar von $11^h\ 18^m$ Greenwicher Zeit ab mit 66^m Exposition aufgenommen war. Diese Aufnahme giebt die feinsten Sterne der Bonner Durchmusterung und selbst solche 11. Grösse, aber keine Spur der Nova ist auf ihr zu sehen. Ebensowenig fand sich solche auf Platten, die am 2., 6., 8. und 18. Februar erhalten waren, noch auf solchen aus dem Jahre 1894, welche Sterne 12.5 Grösse enthalten.

Während der Nacht des 22. Februar wurden mit verschiedenen Instrumenten 18 Photographien der Nova auf der Harvardsternwarte aufgenommen. Sie ergaben, dass photographisch der Stern 0.3 Klasse schwächer war als α Aurigae. Das allgemeine Aussehen seines Spektrums ähnelte dem der Sterne des Oriontypus und war völlig unähnlich denjenigen der frühern neuen Sterne, in welchen die hellen Spektrallinien vorwiegen. Die Nova im Perseus zeigte nur ein kontinuierliches Spektrum, von 33 dunklen Linien durchzogen, deren Wellenlängen wie folgt bestimmt wurden: 3894, 3970 ($H\varepsilon$), 4026, 4077, 4102 ($H\delta$), 4126, 4151, 4266, 4341 ($H\gamma$), 4366, 4388, 4415, 4435, 4470, 4481, 4510, 4530, 4552, 4572, 4616, 4643, 4665, 4714, 4862 ($H\beta$), 4885, 4922, 5325, 5399, 5431, 5677, 5695, 5719, 5761. Eine sorgfältige Prüfung ergab, dass die Linien 3970, 4102, 4341, 4481 und 4862 an der nach der grössern Wellenlänge liegenden Seite hell erschienen. Die Linie 4665 war nach der andern Seite hin hell, oder dort befand sich eine helle Linie von der Wellenlänge 4660.

Am 23. Februar war die Bewölkung so dicht, dass nur wenig Beobachtungen gelangen. Die Nova erschien heller als α Aurigae. Das schwache photographierte Spektrum, welches erhalten wurde, zeigte keine Veränderung, ausser dass die Linie K, welche am vorherigen Abende fehlte, nunmehr fast so intensiv als $H\varepsilon$ erschien.

Am 23. Februar wurde der Himmel nach Mittag klar, und die Nova war am 6-zolligen Refraktor und im 2-zolligen Sucher bei hellem Sonnenscheine sichtbar. Abends wurde sie photographisch als 0.4 oder 0.5 schwächer wie α Aurigae gefunden, mit dem Meridianphotometer bei hellem Tageslichte als 0.28 Grösse. Das Spektrum zeigte merkwürdige Veränderungen: es war von zahlreichen hellen Linien und dunklen Banden durchzogen und sehr ähnlich dem Spektrum der frühern Nova Aurigae. Die Hauptlinien waren dunkel und von hellen Linien, die etwas grössere Wellenlänge besassen, begleitet. Die hellen Linien, welche K und $H\varepsilon$ begleiten, waren umgekehrt und von schmalen, scharfen, dunklen Linien durchgezogen. Diese letztern und eine Linie von etwas kürzerer Wellenlänge als $H\beta$ waren die einzigen scharfen Linien im Spektrum, alle übrigen breit und verschwommen und schwer mit Genauigkeit zu messen. Bis zum 25. Februar verhinderten Wolken die weitern Beobachtungen, dann aber erschien die Nova bedeutend schwächer als vorher. Nach Okularbeobachtungen war die Helligkeit 1.4 Grösse, nach photometrischen Messungen 1.07 Grösse. Das Spektrum war etwas von dem am 24. Februar verschieden: die Linien $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ waren auch umgekehrt und ersetzt von einer oder mehrern schmalen dunklen Linien.

Februar 26. war die Nova nach Okularschätzungen 1.3, nach photometrischen Beobachtungen 1.49 Grösse, die Veränderungen im Spektrum waren unbedeutend.

Beobachtungen über die Position der Nova ergaben für 1900.0: Rektas. $3^h\ 24^m\ 24.02^s$ Dekl. $+\ 43^0\ 33'\ 42{,}4''$. Zusammenfassend bemerkt Professor Pickering: Die Nova war vor dem 19. Februar unsichtbar oder wenigstens schwächer als 11. Grösse. Februar 21 war sie 2.7 Grösse (nach Anderson), Februar 22 0.5 Grösse, Februar 23 vielleicht etwas weniger hell, dann abnehmend, so dass sie Februar 25 als 1.1 Grösse erschien. Ihr Spektrum war am Februar 22 und 23 vom Typus der Orionsterne, fast kontinuierlich, von schmalen, dunklen Linien durchzogen. Während der nächsten 24 Stunden fand eine aussergewöhnliche Änderung desselben statt, sodass es vom 24. Februar ab dem der frühern Nova glich. Es war von hellen und dunklen Banden durchzogen, und die dunklen Hauptlinien erschienen an der Seite der grössern Wellenlänge begleitet von hellen Linien.

In Upsala hat Prof. Dunér den Stern am 23. und 24. Februar so hell als Capella gefunden.[1]) Das Spektrum, mit Okularspektroskop von nicht starker Zerstreuung untersucht, zeigte sich im ganzen mit dem von T Aurigae übereinstimmend, d. h. die Wasserstofflinien C und F bestanden aus einer dunklen und einer nach der roten Seite davor liegenden hellen Linie. Auch im Grün wurden helle und

[1]) Astron. Nachr. No. 3696.

ausserdem mehrere dunkle Linien gesehen. Die D-Linie war sichtbar, ob aber D_3 hell war, konnte Prof. Dunér mit Sicherheit nicht sehen.

Auf der Yerkessternwarte wurde eine Photographie des Spektrums mit dem Ein-Prisma-Spektrographen am 28. Februar erhalten und von Prof. E. Hale vermessen. Eine Prüfung der Photographie ergiebt, dass das Spektrum sehr ähnlich ist demjenigen der Nova Aurigae. Die Wasserstofflinien, besonders C und F, sind hell und sehr breit. Die dunklen Linien, welche sie überlagern (und die nicht reproduziert sind), sind wahrscheinlich Umkehrungen infolge der Absorption in den Schichten eines äussern, kältern und unter geringem Druck stehenden Gases. An der stärker brechbaren Seite werden die hellen Wasserstofflinien von dunklen Linien begleitet, genau so wie im Spektrum der Nova Aurigae. Dies zeigt nicht nur die Photographie, sondern auch die direkte Beobachtung mit einem Drei-Prismen-Spektroskop. Als im Vergleichsspektrum die hellen Natriumlinien hervorgerufen wurden, konnte die Verschiebung der entsprechenden Linien im Novaspektrum gemessen werden, und es ergab sich, dass der neue Stern sich mit geringer Geschwindigkeit in der Gesichtslinie von der Erde entfernt. Die Heliumlinie D_3 scheint im Spektrum als dunkle Linie vorhanden zu sein, sehr nahe neben dem hellen Natriumbande an der brechbarern Seite. Die hellen Calciumlinien H und K sind bemerkenswert durch ihre grosse Breite und dadurch, dass sie von schmalen, dunklen Linien durchzogen werden. Die Hauptlinie der Nebelflecke scheint ebenfalls vorhanden zu sein (Wellenlänge λ 5002—5041) und eine schwache Linie oder eine Bande (λ 4911—4988) bedeckt die Region des Spektrums, in welcher die zweite Nebellinie aufzutreten pflegt. Die Magnesiumgruppe b ist zweifellos repräsentiert durch ein sehr helles Band (λ 5154—5204). Die grüne Coronalinie (λ 5303) würde nahe mit dem brechbarsten Rande eines hellen Bandes im Spektrum der Nova zusammenfallen.

Die Platten seit Februar 24 zeigen zahlreiche Veränderungen: dunkle schmale Linien erscheinen auf den hellen Banden, und letztere nehmen an Intensität im Vergleiche zu dem kontinuierlichen Spektrum zu; die dunklen Banden wurden schmäler und teilten sich in einigen Fällen in zwei oder mehrere Streifen. Ein eigentümliches dunkles Band zwischen $H\eta$ und $H\zeta$, das sich von der Wellenlänge 3845 bis 3856 erstreckte und Februar 24 so intensiv war als $H\zeta$, blasste schnell ab und wurde nach Februar 28 nicht wieder gesehen. Ein anderes dunkles Band nahe bei $H\delta$ zwischen den Wellenlängen 4056 und 4069 am 24. Februar zeigte eigentümliche Änderungen in Intensität, Breite und Wellenlänge. Die dunklen Wasserstoffbanden wurden doppelt und blassten ab, an Stelle der verwaschenen Streifen erschienen zwei schmale dunkle Linien. Der dunkle Streifen K wurde doppelt und nahm an Intensität ab. Am 17. März bestanden $H\zeta$, $H\varepsilon$, $H\delta$ und $H\gamma$ jede aus einer schmalen, scharfen schwarzen Linie

und bei sorgfältigster Betrachtung der Photographien sah man daneben noch eine äusserst feine Begleitlinie gegen die violette Seite hin. Hβ war deutlich doppelt, und die feine Begleitlinie wohl markiert. Das breite dunkle Band K war völlig verschwunden, an seiner Stelle zeigte sich eine schmale dunkle Linie, etwas intensiver als die umgekehrte Linie K. Am 19. März schien eine besondere Veränderung im Aussehen des Spektrums eingetreten zu sein. Keine dunkle Linie war sichtbar, mit Ausnahme der feinen Umkehrlinie auf dem hellen Streifen; das kontinuierliche Spektrum war fast unwahrnehmbar. Die Linie K fehlte. Die an diesem Tage gemachte Aufnahme geschah mit zwei Prismen und 120 Minuten Expositionsdauer. Eine eigentümliche Verbreiterung oder Verschiebung gegen Violett zeigte seit März 17 die helle Bande Hζ. März 19 dehnte sie sich bis halbwegs Hη aus; März 23 war das kontinuierliche Spektrum da, und feine dunkle Linien zeigten sich an der Seite der kürzern Wellenlängen von Hε, Hδ und Hγ. Drei andere dunkle Banden waren sichtbar und verschiedene helle Linien ausser den Wasserstofflinien. Die Position der Linie Hζ war normal. März 27 wurde ein starkes kontinuierliches Spektrum gesehen, aber die dunklen Komponenten der Wasserstoffbanden fehlten und wurden seitdem nicht wieder gesehen. Am Orte der Wellenlänge 3806 zeigte sich eine schmale, dunkle Linie, sowie eine schwächere bei 3860. Von 3806—3827 erschien ein verwaschenes dunkles Band und ein helles von 4453 bis 4489, beide schienen mit Heliumlinien zusammenzufallen. Die Position von Hζ war normal. März 30 war das Spektrum ähnlich dem vom 27. März, nur war die Linie 3865 intensiver, und die Linie 3860 fehlte. Das kontinuierliche Spektrum, welches sehr intensiv erschien, wurde bis ins Violett photographiert, aber keine Linie war bestimmt zu sehen, ausser einem verwaschenen, dunklen Bande von λ 3775—3794. Das helle Band 4908—4942 war sehr schwach, und das Band 4990 — 5040 heller als das Magnesiumband b. April 1 war das Spektrum nahe so wie am 30. März. Nach einer Periode wolkigen Wetters wurde April 12 ein eigentümliches Aussehen des Spektrums photographiert. Die Linie Hζ schien zu fehlen, nahe ihrem Platze zeigte sich ein helles Band so intensiv wie Hβ, dessen Mitte auf die Wellenlänge 3875 fiel. Dieses Band, sowie Hε und Hδ waren gegen die rote Seite des Spektrums hin scharf abgeschnitten, dagegen verschwommen gegen Violett hin. Es ist von Interesse, zu bemerken, dass im Spektrum von γ Velorum in der Wellenlänge 3875 ein dunkles, wohl markiertes Band erscheint. April 12 erschien im Spektrum der Nova eine eigentümliche helle Linie nahe bei Hγ, gegen die Seite der grössern Wellenlänge hin, in 4384, scharf gegen das rote Ende des Spektrums abgeschnitten, während der Raum zwischen ihr und Hγ ähnlich einem scharfen hellen Bande erschien. April 13 war die Position und Intensität von Hζ normal, und das Spektrum zeigte nicht den eigentümlichen

Typus vom vorhergehenden Tage. Dagegen erscheint letzterer wieder auf einer Photographie vom 26. April, auf der das Band 3875 das intensivste ist, Band 4990—5040 ebenfalls an Intensität gewonnen hat, $H\delta$ und $H\beta$ aber schwächer geworden sind. $H\gamma$ war intensiver als $H\beta$, das kontinuierliche Spektrum nicht wahrnehmbar: auch die Bande 4908—4942 und das Magnesiumband b fehlen. April 27 war das Spektrum wieder normal, das kontinuierliche ziemlich intensiv, und das Band 3875 fehlte; im allgemeinen erschien das Spektrum ähnlich wie am 26. April. Am 28. April und 1. und 3. Mai erschien wieder das eigentümliche Spektrum, ähnlich dem vom 26. April. Es ist von Interesse, die Änderungen im Aussehen des Spektrums mit der Helligkeit der Nova zu vergleichen, und Prof. Pickering giebt darüber folgende Zusammenstellung:

1901		Spektrum	Helligkeit
März	17	normal	3.8 Grösse
	19	abweichend	5.0 „
	23	normal	3.6 „
	27	„	4.1 „
	30	„	4.2 „
April	1	„	4.1 „
	12	abweichend	4.6 „
	13	normal	4.6 „
	26	abweichend	5.8 „
	27	normal	4.2 „
	28	abweichend	5.4 „
Mai	1	„	5.3 „
	3	„	5.5 „

Am 12. und 13. April war die Helligkeit der Nova die gleiche, während das Spektrum verschieden erschien; am 26. und 28. April dagegen, als der Stern ausgesprochene Minima seiner Helligkeit zeigte, zeigte sich das eigentümliche Spektrum, während das normale am 27. April gefunden wurde, als der Stern eine halbe Grössenklasse heller war.

Eine am 19. Juni aufgenommene Photographie der Nova zeigt deren Spektrum völlig ähnlich demjenigen des Gasnebels NGK 3918, nur ist die Nebellinie 5007 etwa achtmal heller als die Linie $H\beta$ in dem Nebel und nur gleich hell wie diese in dem Spektrum der Nova. Die Linien 3869, 3970 ($H\varepsilon$), 4102 ($H\delta$), 4341 ($H\gamma$), 4688, 4862 ($H\beta$), 4989 und 5007 sind beiden Spektren gemeinsam und zeigen mit Ausnahme von 5007 in beiden die gleiche relative Intensität. Vier helle Linie zwischen $H\gamma$ und $H\beta$ erscheinen schwach in der Nova und fehlen im Spektrum des Nebelfleckes, während eine Linie (λ 4364) in letzterer sichtbar ist, aber nicht im Spektrum der Nova, vielleicht wegen ihrer Nähe bei der Linie $H\gamma$.

Ein Bericht von der Licksternwarte[1]) meldete folgende Thatsachen: Nach den Bestimmungen der Meridiankreise vom 24. Februar bis 3. März ist die Position der Nova (1901.0):

$$\alpha = 3^h\ 24^m\ 28.086^s \quad \delta = +43^0\ 33'\ 54.03''$$

[1]) Lick Observatory Bulletin No. 8.

Im Februar und März wurden am 36 zolligen Refraktor sämtliche Sterne, die innerhalb eines Kreises von 3′ Radius um die Nova sichtbar waren, mit dieser durch Messung verbunden und dadurch eine Karte der Umgebung der Nova erhalten, die im Juli noch einige Zusätze erhielt.

Helligkeitsschätzungen der Nova wurden auf der Licksternwarte seit dem 24. Februar so oft angestellt, als die Witterung erlaubte. Es ergab sich, dass das Licht des neuen Sternes von Anfang an merkliche Intensitätsschwankungen zeigte, doch liess sich eine Periodizität derselben nicht feststellen. Die letzte Helligkeitsschätzung, welche R. G. Aitken von der Licksternwarte mitteilt, giebt für Juli 27 die Helligkeit der Nova = 6.75 Grösse. Beobachtungen von Joel Stebbins auf demselben Observatorium, welche vom 26. Juli bis zum 13. September reichen, zeigen, dass der Stern während dieser Zeit nicht weiter abgenommen hat und etwa 6.6 Grösse blieb.

Von grösster Wichtigkeit sind die spektroskopischen Beobachtungen der Nova, und diese wurden auf Mt. Hamilton mit verschiedenen, den jeweiligen Zwecken am besten angepassten, zum Teil eigens für die Beobachtung der Nova hergerichteten Apparaten ausgeführt. Als Vergleichslinien wurden diejenigen des Eisens, Magnesiums, Natriums, Wasserstoffs und Heliums benutzt und die Wellenlängenbestimmungen auf die Hartmann-Cornusche Formel basiert. Am 24. Februar wurde das Spektrum von $H\delta$ bis $H\beta$ mit dem Millsspektrographen aufgenommen. Die Wasserstoffbanden $H\delta$, $H\gamma$ und $H\beta$ waren hell und ausserordentlich breit, sowie an der gegen Violett liegenden Seite von sehr breiten Absorptionsbanden begleitet. Sonst erschien das Spektrum durchaus kontinuierlich. Die Absorption in den dunklen Banden war nur eine teilweise. Die Banden schienen identisch zu sein mit denjenigen, welche das Spektrum der Nova Aurigae im Februar 1892 zeigte, aber in letzterm waren sie viel schmaler, und die Kontraste traten mehr hervor. $H\alpha$ erschien sehr hell und an der brechbarern Seite von dem korrespondierenden dunklen Bande begleitet. Eine sehr helle Bande in Orange, wahrscheinlich Natriumstrahlen entsprechend, wurde von zwei dunklen Linien durchschnitten, die mit D_1 und D_2 identifiziert werden konnten. Von der Heliumlinie war nichts wahrzunehmen. Ausser den fünf wohlbekannten hellen Nova-Banden zwischen den Wellenlängen λ 4860 und λ 5270 konnten bei Beobachtung mit dem Auge keine weitern Details wahrgenommen werden infolge der Helligkeit des kontinuierlichen Spektrums, welches die schwächern Streifen maskierte. Die am 25. Februar erhaltenen Spektrogramme erstrecken sich von λ 3830 — λ 5700. Sehr auffallend sind hier die hellen und dunklen H- und K-Banden, deren helle Komponenten von den feinen dunklen H- und K-Linien durchkreuzt werden. Die Bande bei H ist augenscheinlich das Resultat der Übereinanderlagerung der Wasserstoffbande $H\varepsilon$ und der Calcium-

bande H. Die gegen Violett liegenden Ränder der hellen Banden sind überall schärfer begrenzt, mit Ausnahme der K-Bande, wo das Umgekehrte der Fall ist. Die nächsten Photographien des Spektrums wurden mit demselben Apparate am 15. März erhalten, während in der Zwischenzeit das Spektrum sich beträchtlich geändert hatte. Noch deutlicher zeigte sich diese Änderung in den am 18. März erhaltenen Photographien. Die Spektrogramme vom 13. März ergaben, dass die K-Bande verschwunden war, vielleicht war das Gleiche auch der H-Bande beschieden, doch war dies nicht festzustellen wegen der Überlagerung derselben durch die Hε-Bande. Die feinen H- und K-Linien waren geblieben. Die Banden mit den Wellenlängen λ 4629 und λ 4675, welche auf den Spektrogrammen vom 5. April erscheinen, fehlen auf demjenigen vom 1. April, und die Banden vom 1. April bei λ 4583 und λ 4632—4660 sind nicht enthalten auf dem Spektrogramme vom 5. April.

Bezüglich der Bewegung der Nova in der Gesichtslinie wurden Messungen der Lage der feinen dunklen Calciumlinien H und K am 15. Februar, 13. und 18. März ausgeführt. Aus diesen Messungen, sowie denen der D_1- und D_2-Linien an verschiedenen Spektrographen, ergiebt sich im Mittel eine Geschwindigkeit der Nova von + 5.4 *km* in der Sekunde, und diese blieb, wie alle spätern Beobachtungen ergaben, durchaus unverändert. Die ersten Beobachtungen, nachdem die Nova im Sommer wieder sichtbar geworden, wurden am 9. Juli erhalten. Wie Prof. Pickering angezeigt, erschien das Spektrum auch auf der Licksternwarte genau wie das Spektrum eines Nebelfleckes. Die in den Nebelfleckspektren gewöhnlich sichtbaren Linien waren durch breite, helle Banden vertreten.

Während des Monates September hat Joel Stebbins verschiedene Spektrogramme der Nova Persei mit dem Crossleyreflektor aufgenommen, wobei der kleine früher von Keeler gebrauchte Spektrograph benutzt wurde, nachdem ein Prisma und eine Linse aus Quarz daran angebracht worden. Auf den erhaltenen Platten sieht man die neun Banden zwischen den Wellenlängen λ 3870 und λ 5010, welche Campbell und Wright auch beobachtet haben, ausserdem noch zwei helle Banden im Ultraviolett; deren näherungsweise Wellenlängen sind λ 3460 und 3390. Diejenige bei λ 3460 ist sehr hell und wird auf der Platte nur allein von der Bande λ 3870 übertroffen, sie fällt ihrer Position nach zusammen mit einer Linie, welche Palmer im vergangenen Sommer in den Spektren bekannter Nebelflecke entdeckt hat. Dies spricht sehr zu Gunsten der Annahme, dass das Spektrum der Nova dasjenige eines Nebels ist; ebenso ist wahrscheinlich, dass die Bande bei λ 3390 einer noch nicht aufgefundenen Linie in den Nebelspektren entspricht.

Über die Deutung der spektroskopischen Wahrnehmungen an der Nova Persei sind die Akten durchaus noch nicht geschlossen. Prof. Vogel

sprach sich diesbezüglich in seinem Berichte in der Preuss. Akademie der Wissenschaften [1]) wie folgt aus:

»Die Anwendung der Spektralanalyse hat auch hier manches Dunkel gelichtet, und die Entwickelung der Methoden, die auf dem Dopplerschen Prinzip beruhen, haben zu interessanten Resultaten geführt. Mit Hilfe der vervollkommneten Apparate der neuesten Zeit, namentlich aber seit Einführung der Spektrographie, erkannte man, dass in den Spektren neuer Sterne Paare von hellen und dunklen, stark verbreiterten Linien auftreten, die die Vermutung nahe legten, dass man es nicht mit einem Körper, sondern mit zwei Körpern zu thun habe, von denen der eine vorwiegend ein Emissionsspektrum, der andere ein Absorptionsspektrum besitze. Die aus dem Abstande der Mitten der sich berührenden hellen und dunklen Linien abgeleitete relative Bewegung führte aber zu recht unwahrscheinlich hohen Geschwindigkeiten beider Körper

Ich habe in meiner Abhandlung: »Über den neuen Stern im Fuhrmann,« [2]) ausführlich die von mir und von andern angestellten Beobachtungen und die Folgerungen aus denselben nach dem damaligen Standpunkte der Wissenschaft mitgeteilt, auch die wichtigsten Hypothesen besprochen.

Inzwischen sind nun unsere Kenntnisse über die Spektra verschiedener Elemente wesentlich erweitert worden, und wir haben durch die Untersuchungen von Humphreys und Mohler, von Eder und Valenta und von Wilsing erfahren, dass nicht alle Linienverschiebungen als Folgen des Dopplerschen Prinzips anzusehen sind. Ich habe der Königlichen Akademie am 4. Mai 1899 eine Abhandlung des Prof. Wilsing in Potsdam: »Über die Deutung des typischen Spektrums der neuen Sterne,« [3]) vorlegen können, welche eine sehr ungezwungene, auf eigenen Experimenten basierende Erklärung der Doppelspektra neuer Sterne und damit zugleich von den physikalischen Vorgängen in der Atmosphäre einer Nova giebt.

Von der Nova Persei, die zuerst am 23. Februar 1901 in Potsdam spektrographisch beobachtet werden konnte und zur Zeit der Beobachtung der hellste Stern am nördlichen Himmel war, konnte mit Recht eine weitere Bestätigung für die Zulässigkeit der erwähnten Hypothese erwartet werden, und die Enttäuschung war nicht gering, als die photographischen Aufnahmen des in einfachen Okularspektroskopen hellleuchtenden Sternspektrums auf den ersten Blick so gut wie gar kein Detail erkennen liessen.

Von mir und Dr. Hartmann an den erhaltenen Spektrogrammen ausgeführte Messungen ergaben das Vorhandensein der Wasserstoff-

---

[1]) Sitzungsber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin 1901. **16.** 21. März.

[2]) Abh. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1893.

[3]) Näheres über Wilsings Untersuchungen findet sich im Sirius 1900, p. 209. 230.

linien, von denen Dr. Hartmann auf den von ihm am 80 *cm*-Refraktor angefertigten Aufnahmen von geringer Dispersion die neun Linien des Wasserstoffs von Hβ bis H$\varkappa$ erkennen und messen konnte, während auf den von mir untersuchten und von Dr. Ludendorff am 32 *cm*-Refraktor bei starker Zerstreuung aufgenommenen Platten — auf denen nur ein kleinerer Teil des Spektrums (λ 4040 — λ 4520) zur Abbildung gelangt — bloss die beiden Linien Hγ und Hδ zu sehen waren. Die Wasserstofflinien erschienen als breite, ganz matte, verwaschene und nur sehr schwer aufzufassende Absorptionsbänder, die nach der weniger brechbaren Seite etwas stärkere Verwaschenheit zeigten. Ausserdem waren noch matte Absorptionsbänder andern Ursprunges zu sehen, jedoch fehlte jede Andeutung von Emissionslinien oder Emissionsbändern. Sehr auffällig aber waren zwei ganz scharfe, schmale Absorptionslinien auf den Hartmannschen Aufnahmen, die mit den Calciumlinien λ 3934 und λ 3969 identifiziert wurden, Diese Linien im Sternspektrum zeigen eine geringe Verschiebung nach Rot, die nach den vorläufigen Messungen einer Bewegung des Sternes in der Sekunde von etwa + 45 *km* relativ zu Erde oder etwa + 18 *km* relativ zu Sonne entsprechen würde. Ich möchte gleich hier bemerken, dass auf spätern Aufnahmen die Lage der Linien unverändert geblieben ist, und die angegebene Geschwindigkeit wohl als die dem Sterne zugehörige angesehen werden kann. Auf den von mir ausgemessenen Platten vom 23. Februar befanden sich keine scharfen Linien, wohl aber ein etwas besser aufzufassender verwaschener Absorptionsstreifen, für dessen Wellenlänge ich 4473 ableiten konnte. Identifiziere ich den Streifen mit der Linie λ 4471.6 des Cleveïtgases, so resultiert ebenfalls eine Bewegung des Sternes von + 10 *km* bis + 20 *km* relativ zu Sonne. Anders verhielt es sich nun mit den Wasserstoffbändern. Unsere Messungen stimmten unter sich und miteinander gut überein und ergaben eine sehr grosse Verschiebung nach der Seite kürzerer Wellenlängen, aus der eine Bewegung des Wasserstoffgases von rund — 700 *km* in der Sekunde relativ zu Sonne geschlossen werden könnte.

Alles, was wir am 23. Februar beobachten konnten: die auffallend scharfen Calciumlinien, das Fehlen der Emissionslinien, die starke Verschiebung der Absorptionslinien nach der brechbarern Seite des Spektrums, widersprach dem, was man nach der vorerwähnten Theorie zu erwarten hatte.

Aufnahmen des Spektrums, die von Hartmann, Eberhard und Ludendorff an den beiden genannten Instrumenten am 26. und 27. Februar und am 2., 3. und 4. März ausgeführt wurden, zeigen nun eine erhebliche Veränderung des Spektrums insofern, als die Absorptionslinien viel deutlicher geworden und von intensiven, sehr breiten Emissionsbändern, die schon in kleinen Okularspektroskopen als helle Linien leicht gesehen werden konnten, begleitet sind. Die

Emissionslinien sind sehr breit, nach der weniger brechbaren Seite allmählicher verwaschen, ihre Intensitätsmaxima sind wenig, die Mitten der Linien aber sehr stark nach Rot verschoben; die Absorptionslinien sind jedoch noch erheblich weiter als auf den Spektrogrammen vom 23. Februar nach der entgegengesetzten Seite gerückt. Das Spektrum ist mit einem Worte zum typischen Spektrum der neuen Sterne geworden und zeigt im grossen Masstabe die Veränderungen, die nach Wilsings Beobachtungen bei Metallspektren und beim Wasserstoff [1]) unter höherem Druck auftreten. Nur die beiden erwähnten Ca-Linien sind unverändert scharf geblieben.

Der Versuch, eine Erklärung des Verhaltens der beiden Calciumlinien *H* und *K* zu geben, hat mich auch darauf gebracht, die am 23. Februar beobachteten starken Verschiebungen der Wasserstofflinien nach der Wilsingschen Hypothese zu deuten.

Das rapide Anwachsen der Helligkeit des neuen Sternes (nach Pickering am 19. Februar sicher nicht 11 *m*, am 23. Februar 10^h nach den Potsdamer Beobachtungen 0,24 *m*), lässt enorme Störungen in der Atmosphäre des Sternes und damit in Verbindung stehende erhebliche Drucksteigerungen voraussetzen, bei denen die sich sehr leicht verbreiternden Caciumlinien kaum als schmale, ganz scharf geschnittene Absorptionslinien denkbar sind; ihre ausserordentliche Schärfe dürfte daher wohl nur als Umkehrungserscheinung gedeutet werden können. Macht man aber diese Voraussetzung, so folgt weiter, dass eine schmale Absorptionslinie als Umkehrung nur in einer breitern Emissionslinie entstehen kann, und ich nehme an, dass Schichtungen in der Sternatmosphäre, wie sie die Wilsingsche Theorie voraussetzt, stattgefunden haben, von denen die eine von den betreffenden Linien breite Absorptionslinien, die andere breite Emissionsbänder mit Umkehrungserscheinungen für sich gegeben hätte. Heben sich nun bei der Übereinanderlagerung der Schichten Absorption und Emission nahezu auf, so bleibt nur die scharfe Absorptionslinie der Umkehrung übrig.

Die Erklärung, weshalb am 23. Februar nur Absorptionslinien des Wasserstoffs, stark nach der Seite der kürzern Wellenlängen verschoben, erschienen sind, macht bei ähnlichen Betrachtungen keine Schwierigkeiten. Lagern wieder mehrere Schichten verschiedenen Druckes übereinander, so kann es leicht kommen, dass die bei höherem Drucke nach Rot zu verschobene Emissionslinie so schwach ist, dass sie die Absorptionslinie nicht über das Niveau des kontinuierlichen Spektrums aufhellt. Die grosse Verschiebung des Intensitätsmaximums nach der brechbarern Seite ist demnach nur eine scheinbare; in Wirklichkeit braucht die Mitte des Absorptionsbandes nur wenig nach Rot verschoben gewesen zu sein.

---

[1]) Sitzungsberichte der K. preuss. Akad der Wiss. zu Berlin; Gesamtsitzung vom 27. Juli 1899.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die letztern Betrachtungen nur weitere Ausführungen, unter Bezugnahme auf die an der Nova Persei beobachteten Erscheinungen, dessen sind, was Wilsing in seiner Abhandlung über das typische Spektrum der neuen Sterne gesagt hat.

Nach dem Vorstehenden glaube ich nun aussprechen zu können, dass die Beobachtungen am Spektrum der Nova Persei bisher nur eine Bestätigung der Wilsingschen Ansicht gegeben haben, und dass keine Veranlassung vorliegt, die grosse Verschiebung der Absorptionslinien des Wasserstoffs nach dem Dopplerschen Prinzip als Bewegungen, sei es auch nur des Wasserstoffgases, anzusehen.

Spielten schon in der Nova Aurigae die Linien des Wasserstoffs in Bezug auf Ausbreitung und Verschiebung eine grosse Rolle, so scheint nach den bisherigen Beobachtungen das bei der Nova Persei in noch höherem Masse der Fall gewesen zu sein. Es sind im Spektrum nur wenige Bänder und keine so beträchtliche Zahl von Linien und Linienpaaren wie in der Nova Aurigae wahrzunehmen, besonders sind Blau und Violett ganz arm an Spektrallinien anderer Elemente.

Das ausserordentlich schnelle Anwachsen der Helligkeit des Sternes und die nun wieder sehr rasche Abnahme der Intensität der brechbarern Teile des Spektrums lässt die Vermutung aufkommen, dass es hauptsächlich der Wasserstoff gewesen ist, der das helle kontinuierliche Spektrum in diesen Teilen gegeben hat, was unter gewissen Druck- und Temperaturverhältnissen bekanntermassen leicht eintreten kann. Andernfalls würde die Erklärung der schnellen Abnahme der Lichtstärke Schwierigkeiten verursachen. Der weitere Verlauf der Erscheinung muss jedoch erst abgewartet werden, ehe man hierüber zu sichern Vorstellungen gelangt; vielleicht führt derselbe auch dazu, aus den vielen Hypothesen über die neuen Sterne einige definitiv auszuscheiden.«

Ferner bemerkt Prof. Vogel in No. 3701 der Astron. Nachr. u. a.: »Es ist beachtenswert, dass mit der Erweiterung unserer Kenntnisse über den Einfluss des Druckes auf die Spektra die ältern Hypothesen über die neuen Sterne, bei denen Ursache und Wirkung in die Sterne selbst verlegt waren, wieder zur Geltung gelangen. Sie konnten sich noch halten, als man in den Spektren neuer Sterne helle und dunkle Linien fand, die aber in keinem innigen Zusammenhange standen; als man aber durch die Beobachtungen der Nova Aurigae erkannte, dass helle und dunkle Linien eines und desselben Stoffes paarweise neben einander gelagert auftraten, musste den Hypothesen, welche die Erscheinung auf das Zusammentreffen zweier oder mehrerer Körper zurückführten, grössere Berechtigung eingeräumt werden. Das ist aber jetzt nicht mehr nötig, wenn in erster Linie die Eigentümlichkeiten der Spektra sich durch erhöhten Druck erklären lassen, und es hat ohne Zweifel viel für sich, wenn man

Ursache und Wirkung in dem Sterne selbst suchen kann. In dieser Beziehung hat die von Lohse[1]) aufgestellte Hypothese grosse Vorzüge. Da dieselbe bisher sehr wenig Beachtung gefunden zu haben scheint, lasse ich den Schlussatz der Lohseschen Betrachtungen hier folgen:

Durch die fortschreitende Abkühlung der aus glühenden Dämpfen und Gasen bestehenden Masse eines selbstleuchtenden Weltkörpers (Fixsternes) wird schliesslich eine atmosphärische Hülle erzeugt, die das Licht in so starkem Grade absorbiert, dass der Stern von der Erde aus nicht mehr oder doch nur schwach gesehen werden kann. Wenn dann durch weitere Wärmeausstrahlung der Grad der Abkühlung erreicht wird, welcher für Bildung derjenigen chemischen Verbindungen erforderlich ist, die einen wesentlichen Teil des Ganzen bilden, so wird bei Vereinigung der betreffenden Elementarstoffe[2]) eine bedeutende Wärme- und Lichtentwickelung stattfinden, welche den Stern plötzlich auf grosse Entfernungen hin für längere oder für kürzere Zeit wieder sichtbar macht.

Photographische Aufnahmen der Nova. Am 19. und in der Nacht des 20. zum 21. August haben Flammarion und Antoniadi auf der Sternwarte zu Juvisy photographische Aufnahmen der Nova gemacht[3]) und gefunden, dass dieselbe mit einer kreisförmigen Nebelhülle von 6′ Durchmesser umgeben erschien. Auf die Nachricht dieser merkwürdigen Thatsache wurde die Nova auch an andern Observatorien photographisch aufgenommen. Zunächst meldete Prof. Wolf folgendes:[4])

Auf die telegraphische Nachricht, dass es Flammarion und Antoniadi gelungen sei, durch photographische Aufnahmen zu zeigen, die Nova Persei sei von einer Nebelaureole umgeben, habe ich 1901 August 22, mit 1 Stunde und 10 Minuten Belichtung — mit den zwei 16-Zöllern des Bruceteleskops die Novagegend aufgenommen.

Die Rückseiten der Platten waren selbstverständlich gut geschwärzt und so die Glasreflexion (Ringbildung) selbst bei den hellsten Sternen der Platte völlig vermieden. Die Platten sind bei strahlend klarem Himmel vorzüglich ausgefallen und ergaben ein sehr merkwürdiges Resultat.

Die Nova ist auf der Platte a_1, die mit dem 16-Zöller a aufgenommen ist, wohl genau wie jeder andere Stern, ohne erkennbare Spur von Nebelhülle, abgebildet. Auf der Platte b_1, die mit dem 16-Zöller b aufgenommen ist, steht die Nova dagegen in einer

---

[1]) Monatsberichte der Kgl. preuss. Akad. d. Wiss. zu Berlin. 1877 20. Dez. p. 833.

[2]) Lohse denkt in erster Linie an Verbindungen von Wasserstoff und Sauerstoff.

[3]) Astron. Nachr. No. 3736.

[4]) a. a. O. No. 3736.

matten, kreisförmigen, recht homogen und relativ scharf umgrenzten Scheibe von etwa 3.8 *mm* Durchmesser, das sind etwas über 6 Bogenminuten. Dieses Scheibchen ist von ganz eigenartigem Aussehen. Es sieht einem feinen Nebelflecke nicht unähnlich, fällt aber durch die scharfe Umrandung auf. Noch merkwürdiger ist, dass kein zweiter Stern, sei er heller oder schwächer, von den vielen Sternen der Platte etwas Ähnliches zeigt. Dieser »Nebel« musste also, wie Antoniadi und Flammarion ganz richtig erkannt haben, der Nova eigentümlich sein.

Aber auf der mindestens ebenso guten Platte a_1 ist nichts um die Nova zu sehen. Die völlig geschwärzte, kreisrunde, haarscharfe Scheibe steht völlig klar auf dem Himmelsgrunde. Ausserdem war auffallend, dass an der Umrandung des »Nebels« auf b_1 ganz gut erkennbar die Spur von sechs Ecken eines gleichseitigen Sechsecks angedeutet ist. Ohne viel Worte zu verlieren — es war mir aus frühern Versuchen deshalb wahrscheinlich, dass der »Nebel« auf b_1 rein optischen Ursprunges, d. h. durch das Objektiv bewirkt sein musste.

Um das zu entscheiden, exponierte ich in der folgenden, ebenfalls wunderbar klaren Nacht — 1901 Aug. 23 — wieder mit beiden Objektiven auf die Nova, und zwar mit 4 Stunden 6 Minuten Belichtungsdauer. Dabei bedeckte ich das Objektiv b zur Hälfte durch einen Schirm, so dass nur ein Halbkreis des Objektivs Licht empfing.

Der Erfolg entsprach der Erwartung. Auf der mit dem abgeblendeten Objektiv b aufgenommenen Platte b_2 ist die hübsche matte Scheibe um die Nova wieder sichtbar, aber sie ist jetzt ein genauer Halbkreis entsprechend der Blende. Der Durchmesser der Nebelscheibe ist wieder 3.8 *mm*. Da die Lichtmenge, die die Platte b_2 erhielt, doppelt so gross war, als am ersten Abende (b_1), so ist auch die jetzt halbkreisförmige, fast homogene, gut begrenzte »Nebelhülle« viel intensiver als auf der Platte b_1 vom ersten Abende. Hierdurch ist bewiesen, dass diese Aureole um die Nova durch das Objektiv b zustande kam. Gleichzeitig, da kein anderer Stern, die viel hellern nicht ausgenommen, diese Aureole besitzt, ist gezeigt, dass die Nova eine Lichtart besonders intensiv aussenden muss, eine Lichtart, für die das Objektiv nicht korrigiert ist, und für die der Zerstreuungskreis einen Durchmesser von etwa 6′ besitzt.

Auf der Platte a_2 des Objektivs a vom zweiten Abende, die viermal soviel Licht empfangen hat, als die vom ersten Abende — sie enthält wohl mindestens Sterne der 19. Grössenklasse — ist jetzt auch der homogene, matte Kreis um die Nova angedeutet und besitzt etwa 3.6 *mm* oder etwa 6′ Durchmesser. Er ist aber immer noch viel schwächer als auf der Platte b_2.

Besichtigt man auf den beiden Platten a_2 und b_2 vom zweiten Abende die Umgegend der Nova genauer, so findet man, selbstredend am besten auf a_2, dass zum mindesten südlich und etwas östlich in der Nähe der Nova eine deutlich erkennbare, aber äusserst schwache

und trotzdem strukturreiche Nebelmaterie abgebildet ist. Da sie auf beiden Platten a_2 und b_2, und bei letzterer unter der bedeckten Seite, angedeutet ist, so muss sie reell am Himmel vorhanden sein.

Diese äusserst feinen, gestreckten Nebelzüge, welche noch eben nachweisbar sind, erscheinen am dichtesten etwa 5′ südlich von der Nova und scheinen sich allerdings bis in sie selbst hineinzuziehen.«

S. Kostinsky von der Sternwarte Pulkowo schrieb folgendes:[1])

»Ich erhielt an demselben Abende eine photographische Aufnahme der Nova Persei mit Hilfe unseres Astrographen bei einer Expositionszeit von ungefähr zwei Stunden. Auf dieser Photographie ist die Nebelhülle in Gestalt eines scharf begrenzten Kreises sehr deutlich zu sehen. Da nach den Meinungen einiger Astronomen die Nova Persei sich allmählich in einen Nebel verwandelt, so ergiebt sich die Frage: Haben wir es mit einer wirklichen Erscheinung am Himmel zu thun oder nur mit einer optischen, welche von Umständen bei der Beobachtung selbst abhängt? Der Charakter des Sternspektrums in Verbindung mit seinen in letzter Zeit recht beträchtlichen Veränderungen, sowie auch das Aussehen der Aureole selbst bewogen Herrn Belopolsky und mich, die Erklärung dieser Erscheinung nur in einer ungenügenden Fokussierung des photographischen Objektivs in Bezug auf die im Spektrum vorherrschenden Strahlen zu suchen. Thatsächlich erscheint das Spektrum des Sternes jetzt beinahe ausschliesslich als folgende Gruppen von Banden im grünen Teile des Spektrums:

1901 August 2	$\lambda = 501.0\ \mu\mu$	ausserordentlich hell	(10)
	496.0	schwach	(2—3)
	486.1	heller als die vorhergehende (Wasserstoff F)	(5)
	470.3	helles, sehr breites Band	(6)

Die in Klammern stehenden Zahlen bezeichnen die bezüglichen Helligkeiten der Banden. Das kontinuierliche Spektrum ist sehr schwach.

Da die photographischen Objektive genähert für die Linie $H\gamma$ (434 $\mu\mu$) fokussiert werden, so ist ersichtlich, dass ein bedeutender Teil des Lichtes der Nova Persei auf die photographische Platte schon in zerstreuter Form gelangt und bei hinreichend langer Expositionszeit eine Aureole um den Stern hervorrufen muss, welche der beobachteten vollkommen ähnlich ist.

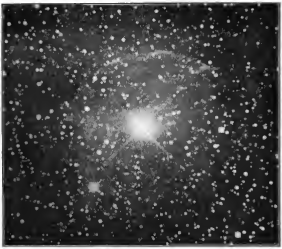
Um die oben gegebene Erklärung zu prüfen, machte ich zwei Aufnahmen von der Nova Persei, indem ich vor das Objektiv Diaphragmen in Form eines Dreieckes und eines Quadrates stellte; wie auch zu erwarten war, erhielt ich eine entsprechende Veränderung der Form der Aureole auf dem Negativ, was bei einer Realität der Erscheinung nicht möglich gewesen wäre. Eine dritte Aufnahme, welche annähernd mit einer für den grünen Teil des Spektrums fokussierten Platte gemacht wurde, zeigt keine Spur der Aureole.

Schliesslich möchte ich noch daran erinnern, dass eine ähnliche Erscheinung einer optischen Aureole, wenn auch in bedeutend geringerem Grade, im Jahre 1892 von E. Barnard bei der Nova Aurigae beobachtet wurde. Herr Geheimrat H. C. Vogel hat in seinem Aufsatze: »Über den neuen Stern im Fuhrmann,« 1893 eine vollkommen analoge Erklärung dieser Erscheinung gegeben, welche durch vorliegenden Fall völlig bestätigt wird.«

Auf der Yerkessternwarte hat G. M. Ritchey mit dem dortigen grossen Spiegelteleskop in der Nacht des 20. Sept. 1901 die Nova im Perseus und ihre Umgebung photographisch aufgenommen. Das Spiegelteleskop hat 22 Zoll Öffnung und 93 Zoll Brennweite, so dass es ausserordentlich lichtstark ist. Die Nacht des 20. September war gut,

[1]) a. a. O. No. 3737.

Fig. 1.



Photographische Aufnahme mit dem 2füssigen Reflektor.

Fig. 2.

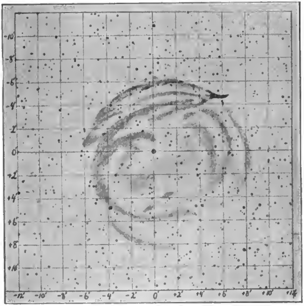


Diagramm der Original-Negative von G. W. Ritschey.

Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Jahrbuch XII, 1901.
Tafel II.

Die Nova Persei 1901.

Nach einer Aufnahme der Yerkes Sternwarte.

wenngleich die Luft nicht gerade aussergewöhnlich durchsichtig erschien. Die benutzte Cramersche Platte war wohl zweimal so lichtempfindlich, als die gewöhnliche Sorte dieser photographischen Platten. Unter diesen günstigen Verhältnissen wnrde nach einer fast vierstündigen Exponierung ein überaus schönes Negativ erhalten. Die Photographie, welche am Reflektor erhalten worden, ist frei von der falschen Nebelhülle oder Penumbra, die bei Anwendung von Refraktoren erhalten wurde; demgemäss zeigt sich in der nächsten Umgebung der Nova kaum oder gar keine Spur des falschen Lichthofes. Der Durchmesser der Nova beträgt 20″, aber in grösserer Entfernung erscheint dieselbe auf dem Negativ von einem sehr komplizierten Nebel umhüllt. Es lässt sich bezüglich des letztern nicht entscheiden, ob er spiralförmig ist oder aus mehrern konzentrischen Ringstücken besteht, jedenfalls sind solche vorhanden. Während also die von Antoniadi und Flammarion photographierte Nebelhülle um die Nova Persei nur eine optische Täuschung war, ist jetzt mit Sicherheit erwiesen, dass der neue Stern in grösserer Entfernung von einem komplizierten Nebelgebilde umgeben wird. Die ersten Spuren dieser Nebelhülle hat Prof. Wolf in Heidelberg photographisch erhalten, und dessen Entdeckung ist also jetzt durch Ritchey bestätigt und erweitert. Für die Deutung des bei Aufleuchten der Nova stattgefundenen kosmischen Vorganges ist dieser Nachweis des Nebels von grosser Wichtigkeit.

Photographische Aufnahmen der Nova im Perseus durch Perrine am Crossleyreflektor der Lickesternwarte haben schliesslich ergeben, dass vier Hauptkondensationen des feinen Nebels, welcher die Nova umgiebt, eine südöstliche Eigenbewegung von einer Bogenminute in sechs Wochen zeigten. Dieses Ergebnis ist das merkwürdigste, welches bis jetzt an der Nova gefunden wurde, und ausserdem ergiebt es die bei weitem stärkste Eigenbewegung, die jemals in Fixsternräumen wahrgenommen wurde, ja ausser jeder Vermutung stand.

Diese überraschend grossen Bewegungen, welche die Nebelmassen um die Nova zeigen, bieten für die Erklärung erhebliche Schwierigkeiten. Wenn man die Entfernung des neuen Sternes auf Grund seiner Lage in der Milchstrasse schätzt, so kommt man auf mehr als hundert Billionen Meilen, und unter dieser Annahme würden die Nebelmassen Geschwindigkeiten besitzen, welche mit derjenigen des Lichtes vergleichbar sind. Selbst wenn man die Entfernung des Sternes um das Zehnfache geringer annimmt, muss die Geschwindigkeit der Nebelmassen alle uns bekannten kosmischen Geschwindigkeiten um das Hundertfache oder noch mehr übertreffen. Aber auch wenn man annehmen wollte, der Nebel stehe nur zufällig nahe in der gleichen Richtung wie der neue Stern, sei uns aber bedeutend näher als dieser, würden die Schwierigkeiten nicht wesentlich vermindert sein. Prof. Kapteyn in Groningen macht nun darauf aufmerksam, dass folgende Annahme die Wahrnehmungen verständ-

licher machen könne: Der Nebel, welcher den Stern umgiebt, hat kein oder nur ein äusserst schwaches eigenes Licht, und das, was die Wirkung auf der photographischen Platte hervorbringt, ist das von den Nebelpartien reflektierte Licht des neuen Sternes selbst. Die Sache stellt sich dann, populär dargestellt, wie folgt: Das von dem Sterne zu einer gegebenen Zeit unmittelbar gegen die Erde hin ausgehende Licht erreicht uns am frühesten; die Erleuchtung irgend eines seitlich von dem Sterne liegenden Nebelteilchens sehen wir dagegen später, weil der Weg, den der Lichtstrahl vom Sterne zu diesem Nebelteile und von hier zur Erde nimmt, länger ist als die gerade Linie vom Sterne zur Erde. Wenn nun der neue Stern bis in ungeheure Entfernungen von Nebelschichten umgeben wird, so müssen von dem Augenblicke des Aufleuchtens dieses Sternes ab die zunehmend entfernten Nebelschichten immer später sichtbar werden, gleichsam als wenn der Nebel sich ausdehnte, und zwar mit einer Geschwindigkeit gleich derjenigen des Lichtes. In Wirklichkeit ist es der Lichtstrahl, der die entferntern Nebelpartien immer später erreicht und dabei vielfach auch einen zunehmend längern Weg zur Erde hin zurücklegen muss. Ist diese Voraussetzung richtig, so lässt sich aus den bisherigen Aufnahmen schliessen, dass die wahre Entfernung des neuen Sternes von der Erde nicht weniger als 360 — 400 Billionen Meilen beträgt. Die Hauptfrage bei dieser Schlussfolgerung ist, wie auch Prof. Kapteyn hervorhebt, die, ob man annehmen kann, dass unter den hier vorliegenden Umständen das reflektierte Licht stark genug ist, um noch eine merkliche Wirkung auf die photographischen Platten hervorzubringen. Diese Frage ist zur Zeit noch offen, aber man darf sie wohl bejahen, wenn man erwägt, dass die Nova in ihrem hohen Glühzustande vorwiegend die nach dem violetten Ende des Spektrums liegenden Strahlen aussendet, d. h. solche, welche in vorwiegender Weise auf die photographischen Platten wirken.

Der Nebel um die Nova ist auch in Stockholm mit dem sechszolligen photographischen Refraktor des dortigen Observatoriums dargestellt worden,[1]) und zwar 1891 November 12 und Dezember 16 mit sechsstündiger Exponierung am ersten Abende. Die Nova erscheint auf der Platte, obgleich 8. Gr., sehr stark und von kurzen Strahlen umgeben. Der Nebel ist schwach, fächerförmig vom Sterne nach Süden hin sich ausdehnend und in Bezug auf diesen entschieden einseitig gelegen. Auf der Abbildung sieht er aus wie eine Dampfwolke die aus dem Sterne aufsteigt und oben seitwärts abgelenkt wird. Die von Ritchey und Perrine bemerkten äussern Nebelzüge sind nur in zwei Nebelknoten und sehr schwach dargestellt. Am 16. Dezember erhielt K. Bohlin nach achtstündiger Belichtung ausgeprägtere Details. Der fächerförmige Teil dicht an der Nova hatte

[1]) Astron. Nachr. No. 3759.

sich nicht geändert, dagegen erschien die Lage einer der Nebelknoten verändert. Bohlin glaubt, dass man doch an eine merkliche nnd sehr bedeutende Bewegung der Nebelmaterie denken könne und sagt: »Es würden dann diese Nebelteile die bei der ersten gewaltigsten Explosion ausgeschleuderten Massen sein, die eben, um die enorme Geschwindigkeit zu erhalten, als äusserst wenig ponderabel angenommen werden müssen, und in dem am Sterne nächstliegenden Nebel würde man etwa die Auswürfe von schwerern Gasmassen sehen, die bei einem verhältnismässig weniger gewaltigen Stadium des Explosionsprozesses vom Sterne abgesondert wurden.«

Prof. H. Seeliger schliesst sich[1]) bezüglich der enormen Geschwindigkeit der Nebelteile der Erklärung von Prof. Kapteyn an und sagt: »Man hat früher die Möglichkeit, solche Gebilde unter den Fixsternen bemerken zu können, die, an sich dunkel, von nicht in grösster Nähe stehenden Fixsternen beleuchtet werden, wohl kaum in Erwägung gezogen. Ich glaube behaupten zu können, diese Möglichkeit zuerst besprochen und durch Zahlenbeispiele illustriert zu haben. In einer am 6. Juli 1901 der Münchener Akademie vorgelegten Abhandlung,[2]) zu welcher mich die Erscheinung des neuen Sternes im Perseus veranlasste, habe ich die hier in Frage kommenden Verhältnisse erörtert. Wenn ich dort nur von kosmischen Staubmassen sprach, so geschah dies zur einwandsfreien Formulierung der rechnerischen Grundlagen, denn die Zulässigkeit der Ausdehnung der Resultate auf andere Aggregatszustände ist selbstverständlich, wenn nur die nötigen Einschränkungen gemacht werden. A. a. O. komme ich zu dem Resultate, dass dünn verstreute Materie in einer Entfernung von mehrern Sekunden von einem schwächern Fixsterne als schwach leuchtender Nebel erscheinen kann. Die Flächenhelligkeit eines solchen Nebels, »welcher eine Parallaxe von 0.01″ besitzt und von einem Sterne von der Grösse 10.4 beleuchtet wird, der sich im Abstande von 10″ befindet«, kann unter gewissen Umständen vom Range eines Zehnmillionstel der mittlern Flächenhelligkeit des Vollmondes sein. Es lag nun sehr nahe, dieses Resultat auf die Umgebung der Nova Persei anzuwenden. Es mag an einer Parallaxe von 0.01″ festgehalten werden, eine Annahme, die übrigens auch die Herren Wolf und Kapteyn für plausibel erklären. Die Nova erreichte nun eine Helligkeit, die wenigstens 12000 mal so gross war, als die eines Sternes von der Grösse 10.4, aber nur einige Tage anhielt, um dann um mehrere Grössenklassen abzufallen, und die also in der That als eine Art · Lichtexplosion, die mit Lichtgeschwindigkeit sich fortpflanzt, angesehen werden darf. Man kommt danach noch in einer Entfernung von rund 1100″ von der

[1]) Astron. Nachr. No. 3759.
[2]) Über kosmische Staubmassen und das Zodiakallicht. Sitzungsberichte der Münchener Akademie, 31. p. 265—292.

Nova auf Flächenhelligkeiten von der angegebenen Grösse, die ich als eventuell bemerkbar ansah. Die speziellen Verhältnisse jedes besondern Falles ändern selbstverständlich die Zahlenverhältnisse, weil diese von der Absorption, Reflexionsfähigkeit und Dichtigkeit der Materie abhängen.

Mit der Konstatierung von nebligen Objekten in der Umgebung der Nova dürften die Voraussetzungen meiner Erklärung der Erscheinung der Nova Aurigae und der Nova Persei — dass beide Erscheinungen auf dieselbe Ursache zurückzuführen seien, ist bisher von niemand bezweifelt worden — in ganz unerwartet auffälliger Weise bestätigt sein. Bisher ist keine Erscheinung bei beiden Sternen bekannt geworden, welche diesem Erklärungsversuche ernstliche Schwierigkeiten bereitet; denn, wo solche geltend gemacht worden sind, sind dieselben nur aufgetreten, weil unsere Kenntnisse über den Zusammenhang der spektralen Erscheinungen mit den sie hervorrufenden Ursachen äusserst lückenhaft sind. Gerade die neuesten Forschungen auf diesem Gebiete scheinen zu zeigen, dass eine eindeutige Zuordnung der spektralen Erscheinungen und der das Leuchten hervorbringenden oder begleitenden Umstände, wenn nicht unmöglich, so doch wenigstens kaum ausführbar ist. Wohl aber hat namentlich die Nova Persei gezeigt, dass andere Erklärungsversuche den beobachteten Erscheinungen in ihrer Totalität nicht gerecht werden können.«

Sternhaufen und Nebelflecke.

Anormale Sterne im Sternhaufen Messier 13. Bei seinen mikrometrischen Messungen der Sterne in verschiedenen grössern kugelförmigen Sternhaufen hat Prof. E. E. Barnard bei einigen Sternen besondere Eigentümlichkeiten bemerkt.[1]) Die auffallendste ist die, dass gewisse Sterne in viel blauerem Lichte glänzen als die übrigen. Die Folge hiervon ist, dass diese Sterne auf den photographisch gewonnenen Darstellungen dieser Sternhaufen in anderer Helligkeit sich darstellen als bei Betrachtung mit dem Auge am Fernrohre. Vergleicht man Photographien von Sternen am Fernrohre, so wird man bisweilen betroffen von der relativen Kleinheit einzelner Sterne auf diesen Photographien, während sie dem Auge hell erscheinen. Diese Eigentümlichkeit beruht auf der grössern oder geringern Färbung der betreffenden Sterne, welche ein klares photographisches Bild bedingt. In den Sternhaufen begegnet man gerade dem umgekehrten Falle, d. h. gewisse Sterne erscheinen viel grösser auf den Photographien als mit dem Auge unmittelbar gesehen. In einigen Fällen tritt dies so sehr hervor, dass man zuerst auf den Gedanken der Veränderlichkeit dieser Sterne kommt.

---

[1]) Astrophysical Journal 12. No. 3. p. 176.

Schon die ersten Beobachtungen von Sternhaufen am Yerkes-Refraktor zeigten diese Eigentümlichkeit. Eine besondere Untersuchung nach dieser Richtung hat Prof. Barnard an den Sternen des grossen Haufens im Herkules (M 13) angestellt. Zur Vergleichung wurde ein vierfach vergrössertes Negativ benutzt, welches Prof. Scheiner am 13-zolligen photographischen Refraktor zu Potsdam 1891 erhalten hatte.

Auf dieser Photographie ist es hauptsächlich der mit No. 148 bezeichnete Stern, der als hellster des ganzen Haufens in die Augen springt, und ähnlich zeigt er sich auch auf andern Photographien. Ungefähr 19″ nördlich von ihm steht der Stern No. 131, der auf den Photographien im Vergleiche zu jenem höchst klein und unscheinbar ist. Bei Betrachtung mit blossem Auge am Refraktor, erscheint 131 dagegen an Helligkeit ziemlich gleich 148. Etwa 68″ südlich von 148 steht der Stern No. 269, welcher auf den Photographien vier- oder fünfmal kleiner ist als 148, aber etwas grösser als 131. Im Fernrohre zeigt sich dagegen No. 269 fast eine Grössenklasse heller als 148, und das Verhältnis zu 131 ist wesentlich das gleiche wie auf den Photographien. Sonach ist also der Stern No. 148 allein photographisch von abnormer Helligkeit. Infolgedessen wurde dieser Stern am Yerkesrefraktor mit den stärksten Vergrösserungen untersucht, wobei sich bei bester Luft ergab, dass derselbe nicht so scharf erschien als die benachbarten Sterne, vielmehr den Eindruck machte, als sei er etwas neblig, vielleicht ein äusserst kleiner planetarischer Nebel. Bei Scheiner findet sich als Grösse dieses Sternes 11.7 angegeben, während No. 131 zu 12.7 Gr. und No. 296 zu 12.4 Grösse angesetzt sind. Der Stern No. 382 ist Scheiners Normalstern, und dieser giebt ihm die Grösse 12.7 (photographisch); am Refraktor kann er dagegen nach Barnard nicht heller als 14.5 Gr. sein, und er erscheint viel schwächer als andere Sterne, die ihm auf der Photographie an Helligkeit gleich kommen. Der Stern No. 749 ist am Refraktor genau gleich hell wie No. 763, aber auf der Potsdamer Photographie ist er drei- oder viermal grösser als letzterer. Der Stern No. 393 ist am Yerkesrefraktor überhaupt sehr schwer wahrzunehmen, obgleich er photographisch 12.7 Grösse erscheint und ebenso gross als andere benachbarte Sterne, die ihn am Fernrohre bei weitem überstrahlen. Er ist überhaupt das trefflichste Beispiel von grosser optischer Lichtschwäche eines Sternes, der photographisch heller ist. Im übrigen zeigen die meisten Sterne auf den Photographien die nämlichen relativen Grössen zu einander, die sie auch bei Betrachtung mit dem Auge am Fernrohre darbieten. Die eben erwähnten Abweichungen einzelner Sterne bilden also Ausnahmen, die auf Eigentümlichkeiten dieser Objekte hinweisen, welche bei der grossen Mehrzahl der Sterne in diesem Sternhaufen nicht vorhanden sind. Der Stern No. 179 ist bemerkenswert wegen seiner grossen Nähe bei dem Sterne No. 183,

welcher normal erscheint. Auf der Photographie sind beide völlig gleich gross, während am Refraktor No. 179 mehrfach kleiner und sehr schwach ist (etwa 14. oder 14.5 Grösse). Der Stern No. 216 ist am 40-zolligen Refraktor als veränderlich erkannt worden und scheint auch anormal zu sein, denn auf der Potsdamer Photographie ist er beträchtlich heller als No. 183, während er diesem am Fernrohre niemals gleich kommt.[1])

Die einfache Erklärung der Eigentümlichkeit, welche jene Sterne zeigen, die photographisch hell, optisch dagegen lichtschwach erscheinen, ist die, dass sie weit mehr blaues (photographisch wirksameres) Licht ausstrahlen als die andern, welche die grössere Zahl in dem Sternhaufen bilden. Dies ist eine interessante und wichtige Thatsache. Prof. Barnard hat nun weiter gefunden, dass solche Sterne mit ausnahmsweise blauem Lichte auch in dem Sternhaufen M 5 in der Wage vorkommen, und zweifellos giebt es noch andere Sternhaufen, in denen sie sich gleichfalls finden. Als Barnard vor einiger Zeit sich über diesen Gegenstand mit Prof. Hale unterhielt, äusserte letzterer die Ansicht, dass eine Photographie, die aufgenommen würde, nachdem die Platte mit einen durchsichtigen gelblichen Schirme bedeckt worden sei, wahrscheinlich jene Eigentümlichkeit nicht zeigen, sondern alle Sterne in dem gleichen Helligkeitsverhältnisse darstellen würde, wie sie sich dem Auge am Fernrohre darstellen. Diese Schlussfolgerung erwies sich als richtig. Denn eine von H. Ritchey am 40-Zoller gemachte Aufnahme des Sternhaufens im Herkules M 13, bei welcher ein gelblichgefärbter Schirm angewendet wurde, zeigte die Sterne 148, 382, 179 u. s. w. in der gleichen relativen Helligkeit wie mit blossem Auge.

Es würde nun von Interesse sein, genau zu wissen, welche Bewandtnis es mit diesen anormalen Sternen hat. Leider ist das Spektroskop nicht im stande, Auskunft zu geben, da diese Sterne zu lichtschwach sind. Die Thatsache bleibt aber unanfechtbar, dass es in den kugelförmigen Sternhaufen einige wenige Sterne giebt, welche sich von allen Genossen durch ihr vorzugsweise blaues Licht unterscheiden und in dieser Beziehung dem Sterne im Ringnebel der Leyer (M 57) gleichen. Was die mögliche Existenz von kleinen Nebeln in den Sternhaufen anbelangt, so macht Prof. Barnard darauf aufmerksam, dass er in der Nähe des in Rede stehenden Sternhaufens im Herkules einen sehr kleinen Nebel gefunden hat, der, falls er noch viel kleiner wäre, für einen gewöhnlichen Stern gehalten würde. Er ist nur 13. Grösse und hat etwa 2—6″ im Durchmesser. Bei mässigen Vergrösserungen erscheint er als kleiner nebeliger Stern, bei starken Vergrösserungen zeigt er sich als äusserst kleiner Nebel. Sein Ort am Himmel (für 1860.0) ist:

Rektasz. $21^h\ 22^m\ 6^s$, Dekl. $+ 11^0\ 34.8'$.

[1]) Eine Reproduktion der Scheinerschen Photographie des Sternhaufens M 13 findet sich im Sirius 1893. Tafel II.

Das Vorhandensein der abnormen Sterne führt von selbst auf die Frage nach dem Vorhandensein von Nebeln in den kugelförmigen Sternhaufen. Barnard betont, er sei, nach seinen Untersuchungen mit Hilfe des Yerkesrefraktors, überzeugt, dass die grossen Sternhaufen keine Nebelmassen enthalten, und dieses Ergebnis wird durch die photographische Aufnahme, welche Prof. Keeler mit dem Crossleyreflektor erhalten hat, durchaus bestätigt.

Ein merkwürdiger Haufen von Nebelflecken. Professor Wolff in Heidelberg teilt folgendes mit.[1]) »Auf zwei mit dem Bruceteleskop genommenen Aufnahmen vom 24. März dieses Jahres, welche die Umgebung von 31 Comae Berenices darstellen, findet sich eine sehr interessante Gegend des Himmels. Um die Stelle

$$\alpha = 12^h\,52^m\,6^s \quad \delta = +28^0\,42' \; (1855.0)$$

stehen nämlich zahlreiche kleine Nebelflecke so dicht beisammen, dass man beim Anblicke der Gegend förmlich über das merkwürdige Aussehen dies »Nebelhaufens« erschrickt. Ich habe die Anzahl der Nebel in einem Kreise von 30′ Durchmesser um die angegebene Stelle bestimmt und finde, dass mindestens 108 Nebelflecke auf dieser Fläche beisammenstehen, also auf einer Fläche etwa von der Grösse des Vollmondes. Darunter sind vier oder fünf grössere ausgedehnte und zentralverdichtete Nebel, sowie mehrere langgestreckte. Die weitaus meisten haben aber rundliche Form und sind kleiner.«

Neu aufgefundene Nebel und Sterne mit eigentümlichen Spektren. Prof. Edw. C. Pickering giebt ein weiteres Verzeichnis von Objekten mit besondern Spektren, welche von Mrs. Fleming bei Untersuchung der Draper-Memorial-Photographien entdeckt wurden.[2]) Die interessantesten davon sind folgende der Rektaszension (α) und Deklination (δ) für 1900 gelten.

α	δ	
$0^h\ 56.0^m$	$-72^0\ 42'$	Ein Stern dem V. Typus angehörig, in der kleinen Magelhanischen Wolke stehend und das einzige Objekt dieser Klasse, welches bis jetzt hier gefunden worden.
$1^h\ 6.2^m$	$-73^0\ 44'$	Gasnebel in der kleinen Magelhanischen Wolke.
$4^h\ 49.9^m$	$-61^0\ 21'$	Gasnebel in der grossen Magelhanischen Wolke.
$4^h\ 57.3^m$	$-66^0\ 33'$	Schwacher Gasnebel (?), mit einer hellen Linie im Spektrum, nahe bei der Linie Hβ.

„In Fällen wie dieser bleibt als einziges Mittel zu entscheiden, ob das Objekt ein Gasnebel, ein Stern des V. Typus mit heller Wasserstofflinie Hβ oder ein Stern V. Typus ist, festzustellen, ob die

[1]) Astron. Nachr. No. 3704.
[2]) Harv. Coll. Obs. Circular. No. 60.

Wellenlänge dieser Linie grösser, gleich oder kleiner als die der Linie Hβ ist. Dies geschieht, indem eine Sternplatte dieser Region auf eine Sternspektrumplatte derselben so gelegt wird, dass die Bilder der umgebenden Sterne auf der erstern mit der Wasserstofflinie Hβ in den Bildern der letztern zusammenfallen. Wegen der Schwäche dieses Objektes und der geringen Dispersion ist es schwierig, die genaue Position der hellen Linie zu bestimmen."

$5^h\ 40.7^m - 69^0\ 27'$ Dieses Objekt wurde im Circular No. 19 als Gasnebel angezeigt. Eine genauere Untersuchung nach der vorstehend beschriebenen Methode ergab dagegen ein Sternspektrum des V. Typus.

$10^h\ 30.3^m - 47^0\ 53'$ 9. Grösse. Ein breites dunkles Band im Spektrum von etwas kleinerer Wellenlänge als Hβ scheint mit dem charakteristischen hellen Bande des Sternspektrums des V. Typus zusammenzufallen. Thatsächlich ist das Spektrum dieses Sternes ähnlich demjenigen eines Sternes des V. Typus umgekehrt auch ein kontinuierliches Spektrum.

$15^h\ 46.7^m - 65^0\ 52'$ 9.2 Grösse. Kontinuierliches Spektrum, die Linie Hβ, Hγ, Hδ hell.

Die helle Linie Hβ im Spektrum von η Centauri und $\varkappa$ Apodis wurde von Miss A. J. Canon als veränderlich erkannt.

Über die Auffindung und Registrierung kleiner Nebelflecke mit Hilfe der Photographie verbreitete sich Prof. M. Wolf.[1]) Bei der Anwendung der Doppelobjektive von grossem Öffnungsverhältnisse auf die Himmelsphotographie behufs Aufsuchung schwacher, ausgedehnter Nebel und kleiner Planeten war er überrascht, wie ungemein zahlreich allenthalben am Himmel die kleinen Nebelflecke auftraten. »Gleichzeitig«, sagt Prof. Wolf in seiner obigen Abhandlung, »war aus den ersten Versuchen ersichtlich, dass sich diese schwachen Nebel, von denen ja das Auge am Fernrohre nur verschwindende und vorübergehend erhaschbare Eindrücke erhält, sich auf der Platte mit grosser Sicherheit einstellen und messen liessen. Anderseits war das Wesentliche ihrer Gestalt unmittelbar zu erkennen und zu beschreiben.«

Diese Erfahrungen brachten ihn zu dem Entschlusse, den »kleinen Nebelflecken« des Himmels eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Er begann sofort mit Aufnahmen von durchschnittlich zwei Stunden Belichtungsdauer zuerst von jenen Gegenden des Himmels, wo bekanntermassen die kleinen Nebelflecken am reichsten

---

[1]) Sitzungsber. d. mathem. phys. Kl. d. Kgl. Bayr. Akademie 1901. 31. Heft 2.

und schönsten vertreten sein sollen. Im Laufe der nächsten Jahre wurden so die Gegenden von Virgo, Leo und Coma Berenices zum grössten Teile mehr als dreimal mit Platten bedeckt.

»Es handelt sich,« fährt Prof. Wolf fort, »dann naturgemäss darum, die Positionen dieser ungezählten neuen Objekte zu bestimmen. Ich versuchte zuerst mit dem einfachen Bambergschen Schraubenmikroskop, mit dem ich die Positionen der kleinen Planeten zu vermessen pflegte, die Platten auszumessen, und zwar, in derselben Weise wie dort, dadurch, dass ich immer die Distanzen der Nebel von verschiedenen Anhaltssternen aus mass.«

Dabei zeigte sich sehr bald, dass zwar die erreichbare Genauigkeit eine sehr grosse war, dass aber die Mühe der Vermessung auch nur eines kleinen Teiles einer Platte so ins Grosse besonders bezüglich der Rechenarbeit wuchs, dass er gezwungen war, davon abzustehen. Nach allem, was er erfahren hatte, musste sich für diesen Zweck, allerdings unter Aufopferung der grössten Genauigkeit, der von Professor Kapteyn in Groningen ersonnene parallaktische Messapparat ganz besonders eignen.

Prof. Wolf zögerte nicht, als sich ihm die Gelegenheit darbot, mit bescheidenen Mitteln einen parallaktischen Messapparat zu beschaffen, leider hat sich die mechanische Ausführung der Arbeit des Apparates als ziemlich mangelhaft erwiesen, und die Messungen erreichten eine sehr viel geringere Genauigkeit als zu erwarten war.

In der Zwischenzeit wurde es ihm ermöglicht, ein neues bedeutend grösseres Fernrohr zu benutzen. Die Aufnahmen mit den 6-Zöllern mit der kurzen Brennweite gaben zwar alle Nebel ebenso gut und kräftig, als sie jedes grössere Instrument geben konnte; allein es war oft sehr schwierig, bei den kleinsten Nebelflecken zu entscheiden, ob man es mit ganz schwachen Sternchen oder mit kleinsten planetarischen Nebeln zu thun hatte. Mit dem neuen Teleskop, dessen zwei je 40 *cm* Öffnung besitzende Dublets eine Brennweite von 2 *m* haben, sind infolge dieser längern Brennweite die kleinsten Nebel viel sicherer als solche zu erkennen, und deshalb wird das Arbeiten sicherer und leichter. Da zwei gleiche Linsen vorhanden sind, so können stets zwei Aufnahmen gleichzeitig gemacht und die Zweifel wegen der stets vorhandenen vielen störenden Plattenunreinlichkeiten beseitigt werden. Prof. Wolf betont nachdrücklich, dass die Lichtkraft trotz mehrfacher Befürchtungen entschieden nicht geringer geworden ist gegenüber den kleinern Linsen. Das Öffnungsverhältnis ist zwar das gleiche wie bei jenen, und die Absorption musste mit den grössern Glasdicken stark zunehmen, nichts destoweniger blieb die Lichtkraft praktisch mindestens immer die gleiche, sie ist vielmehr eher etwas grösser geworden. Die Ursache liegt unter anderem vielleicht darin, dass die bei den meisten seitherigen Absorptionsuntersuchungen ganz übersehene

Helligkeit des Himmelsgrundes, die eine wesentliche Rolle in der Praxis spielt, bei den grössern Linsen viel günstiger für die Platte wird. Als Beispiel führt Prof. Wolf an, dass die feinen Ausläufer des ζ-Orionnebels mit dem grossen Teleskop bei gleicher Belichtung kräftiger herauskommen, als mit dem kleinen.

Um eine Vorstellung davon zu ermöglichen, wie zahlreich die kleinen, planetarischen Nebelflecken sind, und wie sich ihre Katalogisierung mit Hilfe des parallaktischen Messapparates ausführen lässt, teilt Prof. Wolf einige ausgemessene Gruppen mit.

Die erste liegt um einen Punkt am Himmel in α 8^h 12.1^m, δ $+19^0$ 20.0′ (für 1875.0) und wurde mit dem Bruceteleskop am 13. Februar 1901 mit 1^h 32^m Expositionsdauer aufgenommen. Sie umfasst 60 kleine Nebelflecken, deren Positionen mit einer durchschnittlichen Genauigkeit bis auf 0.11^s in Rektaszension und $\pm$ 1.2″ in Deklination ausgemessen worden sind. Eine zweite Gruppe in α 8^h 17.7^m, $\delta + 20^0$ 5.9′ enthielt 39 Nebel, eine dritte in α 8^h 8.8^m, $\delta + 24^0$ 42.5′ 24 Nebel, eine vierte in α $8^h.9.7^m$, $\delta + 23^0$ 39.5′ umfasste 13 Nebel.

Über einige interessante Eigentümlichkeiten einzelner von den gemessenen Nebelflecken wird Prof. Wolf später berichten. Für jetzt war der Zweck der Mitteilung, zu zeigen, wie es möglich wäre, auf photographischem Wege und mit einfachen Messwerkzeugen die vielen unbekannten Nebel zu katalogisieren und sie kurz zu beschreiben. In dieser oder ganz ähnlicher Weise soll nach Absicht Prof. Wolfs nach und nach eine Grundlage für einen photographischen Nebelkatalog und damit für eine für die Erkenntnis unseres Weltsystems so wichtige Statistik geschaffen werden.

»Wie wichtig diese Katalogisierung ist«, sagt er, »geht auch aus den angeführten Beispielen recht anschaulich hervor. Es war absichtlich in den behandelten vier Gegenden eine Stelle des Himmels gar nicht weit von der Milchstrasse gewählt worden, die bisher als nebelarm betrachtet worden war. Die von den vier angeführten Gruppen bestrichene Fläche am Himmel beträgt 4.7 Quadratgrade. Es wurden auf ihr 135 Nebelflecken vermessen, von welchen, wie oben ersichtlich, nur drei als bekannt im Dreyerschen Generalkataloge angegeben sind. In den mir zugänglichen Listen Swifts befindet sich kein Nebel, der die betreffenden Gegenden berührt.[1]) In diesen vier Gegenden — sie liegen alle zwischen Praesepe und Milchstrasse —, nämlich

$\alpha = 8^h$	12.1^m	$\delta = +19^0$	20′	(1875.0)
8	17.7	20	6	
8	8.8	24	43	
8	9.7	23	40	

[1]) Listen No. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12 in Monthly Notices, sowie Catalogues 1, 2, 3, 4, 4a in »History and Work of Warner Observatory«.

stellte sich daher das Verhältnis von neuentdeckten zu bekannten Nebelfleken wie 132 zu 3. Mit andern Worten, es wären bisher — vor Anwendung der Photographie mit den kurzbrennweitigen Linsen — nur 2 % der leicht zu photographierenden Nebelflecken katalogisiert.

Aus den wenigen Schätzungen, die ich an andern als nebelreich bekannten Orten anstellen konnte, scheint hervorzugehen, dass dort die Zahl der Nebel durch die Photographie nicht in wesentlich grösserem Masse zunimmt. Es sind dort im Durchschnitte die Nebel nur grösser und heller und daher mehr bekannt.

Sollte sich diese Erfahrung bei der Weiterführung der Katalogisierung bestätigen, so würde daraus ein merkwürdiger Schluss auf die Konstitution des Weltsystems zu ziehen sein.«

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Der Urzustand der Erde. Nach der Kant-Laplaceschen Hypothese bildete die Erde ursprünglich einen glühenden Gasball, aus dem sich im Laufe unzähliger Jahrtausende der heutige Zustand der Oberfläche und des Erdinnern durch Abkühlung entwickelte. Diese Hypothese spielt auch in der Geographie eine gewisse Rolle, wenigstens wird gelegentlich darauf zurückgegriffen. Es ist schon früher von verschiedener Seite betont worden, dass diese Hypothese nicht die einzig zulässige ist, sondern auch andere Vorstellungen über den Urzustand der Erde Berechtigung haben dürften. Fr. Ratzel hat sich über diesen Punkt verbreitet[1]) und die Schwierigkeiten betont, die bei dieser Hypothese bleiben. Er bringt freilich nichts Neues, und die zuerst von Gruithuisen aufgestellte Hypothese, die er für ebenso wahrscheinlich hielt als die Kant-Laplacesche, nämlich die Entstehung der Erde durch Zusammensturz von kleinern (meteorähnlichen) Himmelskörpern, ergiebt sich bei genauerer Betrachtung als völlig verfehlt. Von der Kant-Laplaceschen Hypothese sagt Ratzel: »Gehen wir von der Erde aus, so erscheint uns also die Stellung der Geographie zu der sogen. Kant-Laplaceschen Hypothese gründlich verschieden von der der Kosmologie. Während sie dem Blicke ins Weltall den grossen ursprünglichen Zusammenhang einer einfachen Entwickelung zeigt, weist sie die Wissenschaft von der Erdoberfläche in eine Tiefe, wohin keine geographische Methode und überhaupt keine wissenschaftliche, ausser der Schwerebestimmung, reicht. Für die Kosmologie bedeutete sie Klärung, Ordnung, für die Geographie Ablenkung von ihrem eigentlichen Arbeitsfelde. Der Geologie steht sie einen Schritt näher, aber wenn wir die Bilanz des Nutzens ziehen, den die beiden Schwesterwissenschaften aus dieser Hypothese gezogen haben, so ist das Ergebnis gleichmässig unbefriedigend. Von den Geographen wird zunächst die Abplattung der Erde an beiden Polen als ein Erbteil aus feurig-flüssiger Vergangenheit angesprochen. Playfair hat zwar schon vor 100 Jahren gemeint, dass man nicht so weit zu greifen brauche, es genüge die Verwitterung mit der Wirkung des Eises und

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. p. 217.

Wassers unter der Voraussetzung langer Dauer. Man hat sich indessen daran wenig gekehrt. Man erfreute sich an den Versuchen Plateaus und Sachers, die die Abplattung vor Augen stellten. Aber hat denn wirklich der Versuch Plateaus, der Ölkugeln in Weingeist von derselben Dichte rotieren liess, wobei sie sich an den Drehungsaxen abplatteten, oder der Versuch Sachers mit Kugeln aus geschmolzenem Walrat, die in Weingeist bei einseitiger Erstarrung zu rotieren begannen, für den Geographen die Bedeutung, die ihnen oft beigelegt wird? Vor allem setzen sie ja die flüssige Erde voraus, die erst zu beweisen war. Diese Versuche sind keine Experimente im logischen Sinne, sie führen nicht weiter, sondern verdeutlichen nur eine Vorstellung, die wir schon mitbrachten; sie beweisen nichts, sind also mehr Bilder als Experimente. Die mit dem geringern Gewichte wachsende Abplattung der äussern Planeten zwingt uns ebenso wenig zur Voraussetzung irgend eines vorausgegangenen flüssigen oder gasförmigen Znstandes.«

Ratzel vergisst hierbei, dass die Sonne, der Zentralkörper des ganzen Systems, heute sich noch thatsächlich in diesem Zustande befindet; ausserdem ist die Behauptung, dass die »mit geringerem Gewichte« (?) wachsende Abplattung der äussern Planeten nicht zur Voraussetzung eines vorausgegangenen liquiden Zustandes zwinge, unmotiviert. Die gemachten Einwendungen sind übrigens schon früher von Fr. Mohr vorgebracht worden.

Die Verteilung der Schwerkraft auf der Erde ist in übersichtlicher Weise von J. B. Messerschmitt, dessen eigene Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt sind, dargestellt worden.[1]) Bis jetzt sind die Beobachtungen nach dieser Richtung hin noch sehr ungleichmässig verteilt, ja nicht einmal auf einem Kontinente ist die Verteilung der Schwerkraft hinreichend genau bekannt. In Europa steht in dieser Beziehung Österreich-Ungarn am besten da, weil es infolge der Bemühungen v. Sternecks über 500 Schwerestationen aufweist. Dann folgt die Schweiz; andere Staaten Europas arbeiten rüstig an der Ausführung bezüglicher Beobachtungen:

»Die Beobachtungen längs einer meridionalen Linie von Kolberg an der Ostsee bis zur Schneekoppe haben nun im nördlichen Teile von der Ostsee bis zum Kleisterberge auf der pommerschen Seenplatte eine Störungsschicht von etwa + 210 *m* ergeben. Auf dem südlichen Teile der Seenplatte vom Kleisterberge bis zum Thale der Netze ist die Störung etwa bis — 100 *m*, im Wartethale Null, dann bis Tirschtiegel etwa + 30 *m*. Dann folgt eine ziemlich plötzliche Steigerung bei Bomst, von wo ab, unter dem Oderthale weg bis auf 20 *km* nördlich vom Gröditzberge (trotz des sandigen Bodens), eine Dicke der störenden Schicht über + 300 *m* nahezu gleichförmig besteht. Der schwere Basalt des Gröditzberges und der immer noch verhältnismässig schwere silurische Thonschiefer in Ludwigsdorf verhindern nicht eine allmähliche Abnahme der Dicke der Störungsschicht bis auf Null. Weiterhin ist dieselbe negativ, im Mittel etwa — 200 *m*, ein Einfluss des

[1]) Hettners geogr. Zeitschrift 1901. p. 305 ff.

anstehenden Bodens und Gesteins, ob Lehm, Porphyr oder Granitit, ist dabei nicht ersichtlich.

Die ganze norddeutsche Tiefebene, soweit sie bis jetzt durchforscht ist, zeigt einen ziemlich erheblichen Massenüberschuss, nach General von Zachariae auch Jütland. In der Ostsee, auf der Insel Bornholm[1]), wird dieser Überschuss von etwa 500 *m* Mächtigkeit noch angetroffen, ja er hat sogar gegenüber der Küste bei Kolberg noch etwas zugenommen. Sehr bemerkenswert ist die Verteilung der Schwere auf der Insel selbst, mit welcher übrigens auch die daselbst von A. Paulsen gefundenen Anomalien des Erdmagnetismus einen gewissen Zusammenhang zu haben scheinen.

Nähert man sich dem Harze von Norden her, so steigt von Harzburg an rasch die Schwerkraft bis etwas südlich vom Brocken,[2]) wo eine Störungsschicht von + 300 *m* vorhanden ist, wenn in Harzburg die Schwere noch normal ist. Nach dem Leinethale zu nimmt die Störungsschicht allmählich auf etwa + 50 *m* bis 60 *m* ab, während sie auf dem linken Ufer dieses Flusses wieder in ähnlicher Weise zunimmt. Nach Süden und Südosten zu nimmt diese Schicht stetig ab. In Langensalza erscheint die Schwere nahe ungestört, in Thüringen aber stellt sich ein Massendefekt ein. Es verdient ferner Beachtung, dass ebenso wie in Langensalza, so auch weiter nördlich in Oldesloe in Holstein die Schwerkraft ungestört erscheint. Da an beiden Orten Soolquellen zu Tage treten, dürften die unter beiden Stationen vorhandenen salzhaltigen Massen die Ursache davon sein.

Sehr bemerkenswert ist auch der innige Zusammenhang zwischen der Schwerkraft nach Intensität und Richtung im Harze, sowohl mit den geologischen, als auch den erdmagnetischen Verhältnissen dieser Gegend, wie dies die Vergleichung der aus den sichtbaren Massen berechneten Lotstellungen[3]) mit den direkt beobachteten und die Untersuchungen des Erdmagnetismus durch Eschenhagen[4]) ergeben haben.

Der geringe Massendefekt, welcher in Thüringen gefunden wird, hält in meridionaler Richtung an, von Koburg nach Süden zu bis zur Donau[5]), in einer Stärke von — 150 *m* bis — 300 *m*, von da ab nimmt derselbe mehr und mehr gegen die Alpen hin zu.

Die Schwerkraft in den Alpen anlangend, haben die Beobachtungen übereinstimmend einen starken Defekt ergeben. Unterhalb der Tiroler Alpen[6]) zwischen Innsbruck, Landeck, Stilfserjoch und Bozen erreicht dieser auf das Meeresniveau kondensiert gedachte Defekt eine Stärke von

[1]) G. von Zachariae, Relative Pendulmaalinger i Kobenhavn og paa Bornholm med Tilkuylning til Wien og Potsdam. Oversigt over det K. Danske Vidensk. Selsk. Forh. Kobenhavn 1897. No. 2.

[2]) L. Haasemann, Bestimmung der Intensität der Schwerkraft auf 55 Stationen von Hadersleben bis Koburg und in der Umgebung von Göttingen. Veröff. d. k. preuss. geod. Institutes. Berlin 1899.

[3]) J. B. Messerschmitt, Über den Einfluss der sichtbaren Massen des Harzes auf die Stellung des Lotes. Zeitschr. für Vermessungswesen 1899. **38.** p. 634.

[4]) M. Eschenhagen, Magnetische Untersuchungen im Harze. Stuttgart 1898. Forschungen zur deutschen Landeskunde **11.** Heft 1.

[5]) K. von Orff, Bemerkungen über die Beziehung zwischen Schweremessungen und geologischen Untersuchungen u. s. w. Sitz.-Ber. der bayr. Akad. Math.-phys. Kl. 27. München 1897. Seite 155 und K. von Orff, Über die Hilfsmittel, Methoden und Resultate der Internat. Erdmessung. Festrede. K. b. Akad. München 1899. p. 40.

[6]) F. R. Helmert, Die Schwerkraft im Hochgebirge. Veröff. d. pr. geod. Inst. Berlin 1890 und die Abhandlungen des Herrn R. von Sterneck in den Mitteilungen des mil.-geogr. Institutes in Wien besonders 1892 u. 1893. **11.** u. **12.**

ca. 1500 *m* (bei einer negativen Dichte von 2,4), weiter nach Süden zu nimmt dieser Defekt rasch ab und geht in der Gegend des Gardasees eine Strecke lang sogar in einen geringen Massenüberschuss über. In den Ausläufern des Gebirges bei Mantua stellt sich wieder ein geringer Defekt ein, der aber in der Poebene gegen die Küste hin rasch abnimmt.

Ganz analog verläuft die Schwere in den Schweizeralpen.[1]) Auf der Südseite, in der Poebene ist die Schwere nur wenig von der anormalen verschieden. Mit der Annäherung an die Alpen wird die Schwere immer kleiner als der normale Wert gefunden, und dieser dadurch angedeutete Defekt nimmt rasch gegen das Zentrum der Alpen hin zu. Unterhalb der Berner Alpen, des St. Gotthard, ist er etwa 1200 *m*, nach Osten hin wächst er noch mehr und erreicht im Engadin den gleichen Betrag von 1500 bis 1600 *m* Mächtigkeit wie im anstossenden Tirol. Es ist dies der grösste in den Alpen konstatierte Betrag, was für die Geologie dieses Teiles der Alpen wohl von Bedeutung ist. Nach Norden zu nimmt entsprechend der äussern sichtbaren Gestalt des Terrains der Defekt langsam ab. Hierbei ist darauf aufmerksam zu machen, dass das Maximum des Defektes nicht mit der höchsten Erhebung des Gebirges zusammenfällt, sondern etwas nach Norden verschoben gefunden wird, ein Umstand, der wohl seinen Grund in der Bildung der Alpen hat, welche durch von Süden nach Norden wirkende Schubkräfte entstanden sind, woher auch der steilere Abfall im Süden rührt.

Im nördlichen Teile der Alpen und auf der schweizerischen Hochebene bis zum Bodensee wird durchgehends eine mittlere Abweichung von nahezu der gleichen Grösse gefunden; im östlichen Teile der Schweiz geht dabei der grössere Defekt mehr nördlich als im Westen; ja in der Gegend des Genfersees findet sich ein Gebiet, wo der Defekt sehr klein ist. Der Jura tritt bei der Intensität der Schwere gar nicht hervor, indem dort fast die gleichen Werte, wie auf der schweizerischen Hochebene gefunden werden; ähnliche Verhältnisse zeigt auch der fränkische Jura. Es erscheint somit der schweizerische Jura im Vergleiche mit dem schweizerischen Mittellande, der sog. Hochebene, gar nicht kompensiert, indem hier überall nahezu der gleiche Massendefekt entsprechend einer Mächtigkeit von 300—400 *m* Dicke gefunden wird. Es rührt dies wohl daher, dass der Jura trotz der kolossalen Mächtigkeit der Kalkablagerungen nicht tief in die Erdrinde reicht, so dass in verhältnismässig geringer Tiefe eine mehr normale Schichtung des Gesteins zu erwarten ist, weshalb der Jura auf das Pendel nur wie ein einfaches Hebungsgebiet wirkt. Anders bei den Alpen und auf dem Schwarzwalde, bei welchen dank ihrer Entstehungsgeschichte noch tief hinab die Gebirgsfalten reichen, die durch die verminderte Stärke der Schwerkraft nachgewiesen, ja gewissermassen abgewogen werden können. Es dringen die weniger dichten Gesteine hier noch in Tiefen hinab, die sie bei normaler Lagerung nicht haben, wodurch die Schwingungszeiten der Pendel entsprechend geändert erschienen. Der stärkere Defekt im Engadin wäre dann dadurch zu erklären, dass dort die Falten des Gebirges noch tiefer hinabreichen, als in andern Teilen der Alpen, besonders in den benachbarten Berner- und Freiburger-Alpen.

Die geringsten Unterschiede zwischen der beobachteten und der normalen Schwere in dem eben behandelten Gebiete werden am Rheine in der Gegend von Basel bis Schaffhausen gefunden, wo Jura und Schwarzwald zusammenstossen. Der Schwarzwald ergiebt wieder bedeutende

---

[1]) J. B. Messerschmitt, Das schweizerische Dreiecksnetz **7.** Relative Schwerebestimmungen. Zürich 1897 und **9.** Polhöhen und Azimutmessungen. Das Geoïd der Schweiz. Zürich 1901.

Defekte der unterirdischen Massen[1]), was auf die geologische Zusammensetzung dieses Gebirges zurückzuführen ist, dessen Fuss in grosser Tiefe liegend angenommen werden kann.

In Österreich ausserhalb der Alpen wird in der Nähe von Graz die Schwere zu gross, also Massenanhäufung gefunden; diese erstreckt sich nach Süden etwa bis zum Bachergebirge und weit nach Osten, wo sie sich noch erweitert. Nördlich von Graz tritt dagegen Massendefekt auf, der über den ganzen Semmering nachgewiesen werden konnte. Er ist verhältnismässig gering und entspricht etwa 200—300 *m* Mächtigkeit. Man kann ihn als den östlichen Ausläufer des grossen Defektes auffassen, der unter den Alpen konstatiert wurde. Weiter nördlich zeigt das Wiener tertiäre Becken wieder Massenanhäufung, die nach Ungarn hin an Mächtigkeit zunimmt und an den Ufern des Neusiedlersees ein Maximum von etwa 1000 *m* äquivalenter Dichte der überschüssigen Schicht erreicht. Auch im Gebiete des Wiener Waldes (Kreideformation) ist Massenüberschuss vorhanden, doch scheint hierbei die Höhe des Gebirges nur von untergeordnetem Einflusse zu sein; es sind also ähnliche Verhältnisse wie beim Schweizer Jura, der ähnlichen geologischen Ursachen sein Dasein verdankt.

Unter der galizischen Ebene befindet sich ein Massendefekt von etwa 400 *m*, der unter dem nördlichen Abfalle der Karpathen bis auf nahezu 600 *m* ansteigt und zwischen den Stationen Slacosko und Lawoczne plötzlich verschwindet. Letzterer Ort zeigt schon Massenanhäufung, welche sich über den grössten Teil von Ungarn, den Südabhang der Karpathen inbegriffen, erstreckt, wo sie bis 600 *m* äquivalente Mächtigkeit erreicht, die sie ohne wesentliche Änderungen in der nordungarischen Tiefebene beibehält; weiter südlich verringert sie sich auf etwa die Hälfte.

Unter dem siebenbürgischen Hochlande zeigt sich trotz der hohen Lage eine Massenanhäufung, während die aus primären (azoischen) Formationen bestehenden Randgebirge wieder Massendefekt zeigen. Es scheint auch hier die Verteilung der Defekte nicht immer mit den sichtbaren Massen im Einklange zu stehen, indem deren Maxima nicht immer mit denjenigen der Bodenerhebung übereinstimmen; man kann, ebenso wie in den Alpen, eine gegenseitige Verschiebung erkennen, die wohl auf die gleiche Ursache zurückgeführt werden kann.

Im Süden der Alpen, besonders nach dem Becken des Adriatischen Meeres zu, ist längs der Küste in Italien und auf der Balkanhalbinsel die Schwere normal. In dem Senkungsgebiete der Poebene, namentlich in der Nähe der Mündung, wird die Schwere etwas zu gross erhalten; je mehr man sich aber von der Küste seewärts entfernt, desto grösser wird der Massenüberschuss. Bei der Insel Pelagoso im Adriatischen Meere erreicht der Massenüberschuss bereits 1000 *m*.

Interessant ist der Verlauf der Schwere im Querschnitte durch die Apenninhalbinsel bei Neapel. Hier wird überall Massenüberschuss gefunden, der im Westen bei Ischia bis auf 1500 *m* ansteigt.[2]) Es finden hier offenbar ähnliche Verhältnisse statt wie auf den ozeanischen Inseln, woraus zu schliessen, dass die Ursache der Entstehung der Vulkane in beträchtlicher Tiefe zu suchen ist.

---

[1]) M. Haid, Die Schwerkraft in der Rheinebene und im Schwarzwalde. Bericht über die 27. Versammlung des Oberrhein. geolog. Vereins. Landau 1894.

[2]) Relative Schwerebestimmungen. Ausgeführt durch die k. k. Kriegsmarine 1892—1894. Wien 1895.

Eine ganz ähnliche Verteilung der Schwere konnte A. von Triulzi im Roten Meere[1]) nachweisen, wo, wie überall auf den Meeren, die Schwerkraft relativ gross gefunden wird. Auf der Insel St. John ist ein etwa 2000 *m* starker Massenüberschuss vorhanden, der nach den Küsten zu und nach Norden hin abnimmt. Nur im Golfe von Akabah ist die Schwere kleiner als der theoretische Wert (Defekt). Der Gebirgsstock des Sinai, der Golf von Akabah und die angrenzenden Gebirge der arabischen Küste haben demnach relativ kleine Schwere. Nach den bestehenden Theorien ist daher in Übereinstimmung mit den Schweremessungen das Rote Meer als Senkungsgebiet, der Golf von Akabah hingegen wegen der daselbst gefundenen kleinern Schwere als ein Thal im Gebirge aufzufassen. Die Zunahme der Schwerkraft vom Lande gegen die See erfolgt ziemlich regelmässig mit der Abnahme der Bodenerhebung, und zwar scheint die Zunahme nach der ägyptischen Seite hin rascher zu sein, als auf der arabischen.

Die relativ kleine Schwere in Indien ist schon vor einem halben Jahrhunderte durch Pratt nachgewiesen worden, der dadurch angezeigte ideale Massendefekt entspricht wieder wie in Europa angenähert den äussern sichtbaren Massen; das nämliche ergiebt sich für den Kaukasus.[2]) Aber am letztern Orte besonders treten auch grössere Abweichungen von diesem allgemeinen Gesetze auf.

Auf einer Linie, die über Spitzbergen und Frankreich nach Algier geht, liegen eine grössere Anzahl Beobachtungen[3]) vor, welche für den nördlichen Teil des afrikanischen Kontinents einen grossen Massendefekt ergeben. Das Mittelländische Meer weist wieder einen starken Massenüberschuss auf, der weiter nördlich rasch in einen Defekt übergeht. Im nördlichen Frankreich und an den Küsten von England weicht die Schwere nur wenig von dem normalen Werte ab. Dagegen wächst der Massenüberschuss im Ozeane beträchtlich an; in Spitzbergen entspricht er etwa einer Schicht von 800 *m*.

Auch in der neuen Welt wird der nämliche Zusammenhang zwischen den Schwereanomalien und der Landerhebung gefunden. So fand Defforges längs dem 40. Parallelgrade nördl. Breite an der Ostküste der Vereinigten Staaten von Nordamerika zunächst einen geringen Massenüberschuss, der in der Gegend von Chicago bereits in einen Massendefekt übergegangen ist und unter dem Felsengebirge eine den äussern sichtbaren Massen entsprechende Grösse erreicht; an der Westküste bis San Francisco ist wieder die Schwere nahezu normal, wie an der Ostküste.

Ebenso zeigen die Küsten des Golfs von Mexiko[4]), Neu-Orleans und Galvestons eine grössere Schwere, als die mehr im Innern des Landes gelegenen Stationen, wie dies überall zwischen Küsten- und Landstationen gefunden wird. Im ganzen zeigen auch hier alle Stationen im Innern des Landes einen Schweredefekt.

Im Gegensatze zu den Kontinenten wird auf den ozeanischen Inseln die Schwere zu gross gefunden und ganz beträchtlicher Massenüberschuss erhalten; wie die Schwere auf dem freien Ozeane dagegen ist, lässt sich bis jetzt noch nicht sagen. Man darf annehmen, dass sie hier nahezu normal sein wird; dann ist die grössere Schwere auf den Inseln hauptsächlich auf Rechnung der Inselpfeiler zu setzen.

---

[1]) A. von Triulzi, Relative Schwerebestimmungen. Expedition S. M. Schiff »Pola« im Roten Meer. Bericht der Komm. für ozeanogeographische Forschungen. Denkschriften der Akademie Wien 1898. 65.

[2]) F. R. Helmert, Die Schwerkraft im Hochgebirge. Berlin 1890.

[3]) Mémorial du dépôt général de la guerre. 15. Observations du pendule. Paris 1894.

[4]) G. R. Putnam, Results of Pendulum observations made in 1895 and 1896. Rep. of the Coast and Geodetic Survey. Washington 1897. Appendix 6.

Diese Massendefekte anbelangend, wird man sich dieselben nicht als wirkliche Hohlräume, sondern nur als Massen von geringerer Dichte oder lockerer Struktur zu denken haben. So genügt es zur Erklärung der geringern Schwere in den Alpen, anzunehmen, die entsprechenden Schichten haben bis zu einer Tiefe von etwa 200 *km* eine um wenige Prozente geringere Dichte, als die umgebenden Schichten der Erde. Massenanhäufung kann man sich durch Senkungen entstanden denken weshalb auf den Meeren trotz der Wasserbedeckung von tausenden Metern Tiefe die Schwere normal ist. Anderseits sind die Gebirge und ebenso die ganzen Kontinente unterirdisch kompensiert. Die Kompensation der Anziehung braucht jedoch nicht überall vollständig zu sein, wie auch einzelne Gebirgsstöcke oft nicht für sich allein kompensiert sind, was für einzelne Berge in niedern Gegenden ebenfalls nicht der Fall zu sein braucht. Die Ursache der unvollständigen Kompensation kann teilweise daran liegen, dass die Massendefekte kleiner sind, als die Gebirgsmassen über dem Meeresniveau, teilweise auch daran, dass sie bei gleichem Betrage sich in grössern Tiefen vorfinden und somit nach ausserhalb eine geringere Anziehung ausüben, als die Oberflächenmassen.«

Der normale Teil der Schwerkraft im Meeresniveau. Eine kritische Zusammenstellung und Bearbeitung aller zugänglichen Ergebnisse der Beobachtungen mit Pendelapparaten für relative Schweremessungen hat Prof. F. R. Helmert ausgeführt.[1]) Im ganzen konnten von ihm gegen 1400 Werte der Beschleunigung g der Schwere auf der Erdoberfläche für bestimmte Orte benutzt werden. Seine Mitteilungen beziehen sich auf die vorläufigen Rechnungsergebnisse für den normalen Teil der Schwerkraft im Meeresniveau, während die Veröffentlichung und eingehende Diskussion des gesamten Materiales für später in Aussicht genommen ist.

Den Rechnungen liegen nur Werte von g für Festlandsstationen und für Küstenstationen zu Grunde, während Inselstationen — genauer gesprochen: Stationen auf kleinen Inseln in tiefem Wasser — nicht benutzt sind, da dieselben erfahrungsmässig erheblich zu grosse Werte von g aufweisen, welcher Umstand auch durch das Kondensationsverfahren nicht ganz zu beseitigen ist.

Die in der Meereshöhe H beobachteten g sind entsprechend dem soeben genannten Verfahren aufs Meeresniveau so reduziert, als befänden sich ausserhalb des letztern keine Massenteile des Erdkörpers; bekanntlich entspricht diese Reduktionsweise auch dem Ausdrucke für die Abhängigkeit der Beschleunigung g von H, welchen von Sterneck aus zahlreichen Messungsergebnissen abgeleitet hat.[2]) Stationen auf hohen Berggipfeln, die auch systematisch beeinflusst sind, hat Verf. aber ausgeschlossen.

Als Küstenstationen wurden nur solche Stationen angesehen, die sich in der Nähe des steilen Abfalles der Meeresküste befinden; Stationen, die weithin von Flachsee umgeben sind, wurden als Festlandsstationen betrachtet. Anstatt die strengere Reduktion der Küstenstationen nach dem Kondensationsverfahren anzuwenden, begnügte Verf. sich für diese vorläufige Untersuchung damit, die Werte von g einfach um eine Konstante zu vermindern. Er achtete aber darauf, ob im Mittel der Stationsgruppen auch die örtlichen Verhältnisse genügend gleich sind, was in der That der Fall ist. Bei der beabsichtigten definitiven Berechnung wird aber das Kon-

---

[1]) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1901. **14. 15.** p. 328.
[2]) Mitteilungen des k. k. Militär-Geogr. Institutes Wien 1898. **17.** p. 108.

densationsverfahren genauer durchgeführt werden, weil nur dadurch der besondern örtlichen Lage Rechnung getragen werden kann.

Alle Werte g sind auf das »Wiener System« reduziert, d. h. auf die gebräuchliche Annahme für g im Militär-Geographischen Institut zu Wien, die nach Massgabe der absoluten Bestimmung der Grösse der Schwerkraft durch von Oppolzer erfolgt ist.

Als Ausgang der Rechnung benutzte Prof. Helmert seine Formel von 1884, wonach der normale Teil der Beschleunigung der Schwerkraft im Meeresniveau in der geographischen Breite φ gleich ist:

$$\gamma_0 = 978.000\, cm\ (1 + 0.005\,310\ \sin^2 \varphi)$$

oder: $$\gamma_0 = 980.597\, cm\ (1 - 0.002\,648\ \cos 2\varphi).$$

Die Abweichungen der wegen H reduzierten g von γ_0, die er mit $g - \gamma_0$ oder $\varDelta g$ bezeichnet, wurden für die Zonen zwischen den Parallelkreisen von 0, 10, 20 . . . 80° Breite gemittelt. Bei dieser Mittelbildung wurden zunächst Festlands- und Küstenwerte getrennt behandelt; der Unterschied der nördlichen und südlichen Erdhälfte ist aber nicht beachtet. Die Mittelbildung erfolgte im allgemeinen nicht unmittelbar aus allen Einzelwerten, sondern in solcher Weise, dass die Mittel möglichst auch dem Idealfalle entsprechen sollten, wo die Stationen gleichmässig auf der Oberfläche verteilt sind. Innerhalb jeder Zone wurde daher zunächst in der Regel nach Ländern oder Regionen gemittelt und unter Umständen nochmals nach Erdteilen. Um die Willkür einzuschränken, hat Verf. in Zweifelsfällen auch in verschiedener Weise gerechnet und die gefundenen Gesamtmittel nochmals gemittelt.

Als Endergebnis seiner Untersuchung giebt Prof. Helmert folgende Formel für die normale Schwerkraft im Wiener Systeme:

$$\gamma_0 = 978.046\, cm\ (1 + 0.005\,302\ \sin^2 \varphi - 0.000007\ \sin^2 2\varphi)$$

oder $$\gamma_0 = 980.632\, cm\ (1 - 0.002\,644\ \cos 2\varphi + 0.000\,007\ \cos^2 2\varphi)$$

mit dem Abplattungswerte der Erde 1 : 298.3.

Zur Bestimmung kleiner Flächenstücke des Geoids aus Lotabweichungen mit Rücksicht auf Lotkrümmung hat Prof. F. R. Helmert in der preuss. Akad. d. Wiss. eine Abhandlung vorgelesen.[1] In dieser werden die früher gegebenen Formeln durch Einführung geeigneter Ausdrücke für die Beschleunigung der Schwerkraft auf der physischen Erdoberfläche zur praktischen Verwendung schicklicher gemacht. Ausserdem wird die Reduktion der in verschiedenen geographischen Breiten beobachteten westöstlichen Lotabweichungskomponenten auf gleiche Breite besprochen.

Die Resultate des internationalen Breitendienstes 1899.8 bis 1901.0 sind von Prof. Th. Albrecht mitgeteilt worden.[2]

Nachdem der internationale Breitendienst auf dem Parallel von + 39° 8′

in	Cincinnati	am	1. September	1899
,,	Tschardjui	,,	10. September	,,
,,	Gaithersburg	,,	2. Oktober	,,
,,	Ukiah	,,	11. Oktober	,,
,,	Carloforte	,,	24. Oktober	,,
,,	Mizusawa	,,	16. Dezember	,,

[1]) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. 1901. p. 958.
[2]) Astron. Nachr. No. 3734.

begonnen worden war, ist derselbe seit dieser Zeit ununterbrochen im Gange.

Seitens des Zentralbureaus der Internationalen Erdmessung lag die Absicht vor, aus diesen Beobachtungen den Verlauf der Polbewegung zunächst für das Zeitintervall von Anfang November 1899 bis Ende des Jahres 1900 mit möglichster Schärfe abzuleiten und die Resultate dieser Ableitung in einer ausführlichen Publikation des Zentralbureaus zu veröffentlichen. Diesem Vorhaben stellten sich aber insofern Hindernisse in den Weg, als sich bei der Bearbeitung ergab, dass die Beobachtungen noch nicht auf allen Stationen frei von Störungen vor sich gegangen sind. Das Zentralbureau ist daher zu der Einsicht gelangt, dass es zweckmässiger sein wird, zunächst noch ein umfassenderes Beobachtungsmaterial zu sammeln und erst im Laufe des nächsten Jahres eine definitive Bearbeitung der bis dahin vorliegenden Breitenbeobachtungen vorzunehmen.

Bevor man aber an die definitive Bearbeitung des Materiales gehen kann, ist es unter allen Umständen notwendig, Näherungswerte für die Polbewegung abzuleiten, um die Beobachtungen auf den einzelnen Stationen streng auf gleiche Zeitepochen reduzieren zu können. Werte dieser Art liegen gegenwärtig für die Periode 1899.8—1901.0 vor, und zwar, gegenüber der frühern Ableitung der Polbewegung, in einem so hohen Grade der Annäherung, dass dieselben mit voller Berechtigung zur Reduktion der astronomischen und geodätischen Beobachtungen benutzt werden können.

Die Berechnung ergab nun, dass der Momentpol in der Zeit von 1898.8.—1901.0 nahezu eine Ellipse beschrieb, deren halbe grosse Axe 0.12″ beträgt und den Richtungen $\lambda = -120^0$, bezw. $+60^0$ entspricht, während sich die halbe kleine Axe auf 0.07″ beläuft.

Als mittlere Polhöhen ergeben sich für die sechs internationalen Stationen die Werte:

Mizusawa	39° 8′ 3.57″	Gaithersburg	13.12
Tschardjui	10.68	Cincinnati	19.33
Carloforte	8.93	Ukiah	12.10

Die Variation der geographischen Breiten bildet noch fortwährend den Gegenstand der Untersuchungen. Von diesen sind zu erwähnen die Arbeit van de Sande Bakhuyzen: »Über die Bewegungen des Erdpoles nach den Beobachtungen der letzten Jahre«;[1]) J. Weeder: »Die vierzehnmonatliche Periode der Polbewegung nach den Azimutbeobachtungen der Meridianmarke der Leydener Sternwarte 1882—1896«;[2]) J. Halm: »Über eine eigentümliche Beziehung zwischen den periodischen Änderungen der Sonnenthätigkeit und der Erd-

[1]) Bull. de l'acad. d'Amsterd.am Août 1900.
[2]) a. a. O. April 1900.

bewegung,[1]« und ferner von demselben: »Breitenvariation, Erdmagnetismus und Sonnenthätigkeit[2]«, sowie W. G. Thackeray's Bemerkungen hierzu.[3])

Weeder findet, dass unter der Annahme von Bakhuyzens engern Periode der Breitenschwankungen von 430.66 Tagen, die Amplitude der azimutalen Bewegung in Leyden den Beobachtungen gemäss 0.0148 s beträgt, was 0.136" für die Amplitude des 14-Monats-Gliedes der Breitenschwankung giebt. Sokoloff hatte früher aus den Beobachtungen der Meridianmiren zu Pulkowo eine etwas grössere Amplitude abgeleitet. M. J. Halm glaubt, dass als Ursache der Breitenschwankungen die magnetische Einwirkung der Sonne auf die magnetische Axe der Erde, welche mit der Rotationsaxe einen Winkel von etwa 12° macht, anzusehen sei. Dieser Gedanke ist vielleicht nicht ohne weiteres abzuweisen.

2. Oberflächengestaltung.

Die Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes sind von Dr. F. Wahnschaffe in der 2. Aufl. seines gleichnamigen Werkes,[4]) dem heutigen Standpunkte der Forschung gemäss, genauer dargelegt worden. Die Oberfläche des norddeutschen Flachlandes besteht, mit wenigen örtlichen Ausnahmen, aus Bildungen der Quartärformation, deren oberste Stufe das Alluvium ist, während darunter diluviale Sedimente liegen. Unter der Quartärformation ruht die Tertiärformation, die von oben nach unten in die vier Stufen des Pliocän, Miocän, Oligocän und Eocän zerfällt. Unter dieser liegt die mesozoische Gruppe, deren oberste Formation die Kreide bildet, bei der man obere und untere Kreide unterscheidet, worauf die noch ältere Jura- und Triasformation folgen. Unter dieser ruht die paläozoische Gruppe. Das mitteldeutsche Gebirgsland lässt Gesteine der mesozoischen und ältern Gruppen erkennen, aber diese verschwinden im norddeutschen Flachlande, und statt ihrer findet man hier nur zerstreute Reste der tertiären Formation, zwischen denen sich allenthalben quartäre Bildungen wie eine allgemeine Decke ausbreiten. Offenbar sind die alten, paläozoischen und mesozoischen Gebirgsglieder unter der jetzigen Oberfläche Norddeutschlands begraben, und in der That hat man sie durch Bohrlöcher an verschiedenen Orten und in ungleichen Tiefen erreicht. Nur an einzelnen Punkten treten diese alten Gesteine noch heute zu Tage, gewissermassen wie kleine Inseln, und auch die wirkliche Insel Helgoland besteht aus mesozoischen und noch ältern Gesteinen. An zahlreichen Punkten tritt das jüngste mesozoische Glied, die Kreide, zu Tage,

[1]) Astron. Nachr. No. 3616.
[2]) Astron. Nachr. No. 3649.
[3]) Astron. Nachr. No. 3635.
[4]) Stuttgart 1901.

und im Untergrunde findet sie sich fast überall in Norddeutschland. Man würde jedoch irren, wenn man annehmen wollte, dass die Schichten der mesozoischen Gesteine sich in mehr oder weniger horizontalen und ungestörten Lagen in der Tiefe befänden, im Gegenteile deutet alles darauf, dass sie sehr unregelmässige Oberflächenformen besitzen, dass die Schichten derselben gewaltigen Störungen unterlagen, und diese letztern wahrscheinlich gegen Ende der Kreideperiode eingetreten sind. Auch Erosion und Denudation spielten dabei natürlich eine Rolle. Diese alten Unebenheiten wurden dann später durch die Bildungen der Tertiärzeit wieder ausgeglichen, indem diese so mächtig sind, dass sie die alten Oberflächenverhältnisse völlig verwischten. Nach der Kreideperiode muss das norddeutsche Flachland zunächst trocken gelegen, d. h. keine Meeresüberflutung erlitten haben, weil eocäne Ablagerungen so gut wie völlig fehlen. Erst aus der Zeit des Oligocän finden sich mächtige marine Bildungen, aber miocäne Ablagerungen finden sich nur im nordwestlichen Teile, woraus man schliesst, dass damals nur diese Regionen noch vom Meere bedeckt waren. Am Schlusse der Miocänzeit fanden, nach Wahnschaffe, im norddeutschen Flachlande namhafte Krustenbewegungen statt, durch welche die oligocänen und miocänen Ablagerungen zum Teil zu Sätteln und Mulden zusammengeschoben wurden, während anderseits auch Zerreissungen eintraten, und Senkungen von Gebirgsteilen erfolgten. Ausserdem konnten während der ganzen Festlandsperiode der Pliocänzeit die Flüsse ihre einschneidende Thätigkeit in den lockern Tertiärablagerungen entfalten, wodurch zum Teil tiefe Thäler in vordiluvialer Zeit ausgefurcht und die Ablagerungen mehrfach ganz fortgeschwemmt wurden.

Als die Bildungen der Quartärzeit aufgeschüttet wurden, muss die norddeutsche Ebene vielfache Unregelmässigkeiten der Oberfläche besessen haben, denn die in verschiedenen Gebieten des norddeutschen Flachlandes ausgeführten Tiefbohrungen zeigen, dass die Unterkante des Diluviums in sehr verschiedener Meereshöhe liegt, und die beträchtliche Erhebung der Diluvialablagerungen über dem Meeresspiegel in vielen Fällen ganz unabhängig vom Untergrunde ist.

»Wenn man,« sagt Wahnschaffe, »die gesamten Ergebnisse der Tiefbohrungen zu den Punkten in Beziehung setzt, wo das ältere Gebirge zu Tage tritt, so ergiebt sich klar und deutlich, dass die Oberflächenformen des norddeutschen Flachlandes nur in grossen allgemeinen Zügen die Gestalt des ältern Untergrundes widerspiegeln, dass jedoch die Oberfläche im einzelnen von den Reliefformen des tiefern Untergrundes meist ganz unabhängig ist. Solange man die Bildungen des norddeutschen Flachlandes als durch Eisdrift in einem Meere abgelagertes Schuttmaterial auffasste, lag es sehr nahe, alle grössern Erhebungen als Abformungen des tiefern Untergrundes anzusehen. Von dieser Voraussetzung ausgehend, hatte man früher mehrfach die Vermutung ausgesprochen, dass der Höhenrücken des

Fläming einer Erhebung sehr alter Formationen entspräche, doch haben die vom Staate auf der Höhe ausgeführten Tiefbohrungen zwischen Wittenberg und Jüterbogk gezeigt, dass die Annahme eines festen Gebirgskernes grundlos sei. Eine dieser Bohrungen, bei Kropstedt nordöstlich von Wittenberg gelegen, wurde in 119.2 *m* über Normalnull angesetzt und traf unter 7.8 *m* Diluvium das Miocän, welches in 130.5 *m* Tiefe, also bei — 3.5 unter Normalnull noch nicht durchbohrt worden ist. Bei Grüna unweit Jüterbogk und bei Ottmannsdorf unweit Zahna wurde die märkische Braunkohlenformation unter sehr mächtigen Quartärbildungen (82 und 110 *m*) bei + 82.4 über und — 43 *m* unter Normalnull getroffen. Auch die neuern von Keilhack mitgeteilten Bohrungen bei Deetz unweit Nedlitz und Zieko N.-Coswig in Anhalt zeigten das feste anstehende Gebirge (Buntsandstein) erst in 175 und 211 *m* Tiefe unter der Oberfläche oder — 77.6 und — 136 *m* unter Normalnull. Es ist also durch die Resultate dieser Tiefbohrungen von neuem bestätigt worden, dass der Fläming über dem Meeresspiegel einen Kern von ältern als tertiären Schichten nicht besitzt. Nordsüdlich gelegte schematische Profile geben nach Keilhack etwa das Bild einer schiefen Ebene, deren höchste Punkte am Südrande, deren niedrigste am Nordrande des Fläming liegen, und über deren mittlern Teilen die Mächtigkeit der Quartärbildungen, die vorwiegend fluvioglazialer Natur sind und nur wenig Moränenbildungen aufweisen, am grössten ist.«

Während der Quartärzeit haben auch tektonische Schichtenstörungen, wahrscheinlich infolge Zusammenschrumpfung der äussern Erdrinde stattgefunden, doch scheinen dieselben nicht sehr bedeutend zu sein; die heutige Oberflächengestaltung Norddeutschlands ist im wesentlichen durch die lange Eisbedeckung desselben und den Rückzug des Eises geschaffen worden.

Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts begann man zuerst darauf aufmerksam zu werden, dass in dem norddeutschen Flachlande zahlreiche und teilweise gewaltige Blöcke sich vorfinden, die offenbar aus fremden Gegenden stammen. Es sind die sogenannten erratischen Blöcke, und Hauptmann v. Arenswald sprach 1775 zuerst die Vermutung aus, dieselben möchten aus Schweden stammen und durch eine Flut von dort herüber gebracht worden sein. Im Jahre 1790 behauptet G. A. v. Winterfeld, die in Mecklenburg befindlichen erratischen Granitblöcke stammten aus Schweden und seien durch Treibeis von dort transportiert worden. Dagegen meinte ein so hervorragender Geognost wie Leopold v. Buch 1811, diese Blöcke könnten durch ungeheure Wasserwogen über die Ostsee nach Norddeutschland geschleudert worden sein: ein Beweis, wie sehr ein bedeutender Forscher irren kann. Lyell stellte dagegen 1835 die sogenannte Drifttheorie auf, der zufolge während einer gewissen Epoche der Quartärzeit ganz Deutschland bis zum Nordrande seines

Mittelgebirges vom Meere bedeckt war, in welchem Meere, von Skandinavien kommend, Eisberge schwammen, die die erratischen Blöcke und das sonstige erratische Material herüberbrachten. »Diese Lyellsche Drifttheorie,« sagt Wahnschaffe, »hat mehrere Jahrzehnte hindurch alle im norddeutschen Flachlande ausgeführten Forschungen beeinflusst, so dass die ganzen Diluvialbildungen, gleichgültig, ob dieselben aus Geschiebemergeln, Sanden oder Thonen bestanden, als durch den Treibeistransport vermittelte Absätze des Diluvialmeeres angesehen wurden. Die Auffassungen hatten schliesslich einen derartigen Grad von Starrheit angenommen, dass auf dieser Grundlage kein weiterer Fortschritt in der Erkenntnis der Entstehung der Quartärbildungen mehr möglich war.«

Mittlerweile hatte man in der Schweiz und in Skandinavien gründliche Gletscherstudien angestellt und war zu dem Ergebnisse gekommen, dass in einer gewissen Epoche der Quartärzeit die heutigen Gletscher eine weit grössere Ausdehnung besessen haben müssten, ja dass ganz Skandinavien voreinst vergletschert war, wie es Grönland heute noch ist. Der schwedische Geologe Otto Torell zog aus dieser Thatsache die Folgerung, dass die damaligen skandinavischen Gletscher unmöglich an der Ostsee Halt gemacht haben könnten, dass sie vielmehr nach Norddeutschland hinübergegriffen haben müssten. Die hier auftretenden Geschiebemergel, deren Herkunft nicht einwurfsfrei nachzuweisen war, sah Torell lediglich als Grundmoränen des von Skandinavien ausstrahlenden ungeheuren Gletschers an. Diese Vermutung wurde durch Auffindung von Glazialschrammen im Gesteine bei Rüdersdorf durch Torell im Jahre 1875 zur Gewissheit erhoben, und damit war der Sieg der Gletschertheorie über die Drifttheorie entschieden. Zwar blieben noch zahlreiche Einwürfe zurückzuweisen, unter denen am gewichtigsten der war, dass eine Gletschermasse nur auf einem entsprechend geneigten Boden sich fortbewegen könne. L. Agassiz hatte dem freilich schon laut widersprochen und behauptet, dass die Ausbreitung sogar bergaufwärts hin stattfinden könne, allein direkte Beweise dafür waren nicht so leicht zu bringen. Erst das genaue Studium der grönländischen Gletscher, die überhaupt nur zum Vergleiche herangezogen werden können, hat die Richtigkeit dieser Ansicht bestätigt. Nansen, der Durchquerer Grönlands, kam durch seine Beobachtungen zu der Überzeugung, dass es die Mächtigkeit der innern Gletschermasse oder der innern Schnee- und Eisreservoirs, von welchen die Gletscher ihr Material erhalten, ist, welche die Grösse und schnelle Bewegung der Gletscher hauptsächlich bedingt, und nicht die Schrägheit der Unterlage, so wie es von einigen Geologen und besonders solchen, welche nur die kleinen Gletscher der Alpen studiert haben, behauptet wird. »Im ganzen Innern Grönlands bemerkten wir nirgends auf der Oberfläche des Inlandeises das Geringste von Steinen (erratischen Blöcken) und

Moränenschlamm und ebensowenig in den Randzonen, ausgenommen an der letzten kleinen Abdachung an der Westküste, nur etwa 100 Ellen von dem alleräussersten Rande entfernt. Dies beweist, dass das grönländische Inlandeis keine Oberflächenmoräne trägt, lokale Mittel- und Randmoränen u. s. w. natürlich ausgenommen. Es stimmt dies vollkommen mit den früher gemachten Beobachtungen überein, widerspricht aber den Behauptungen einiger Geologen, dass die kontinentalen Inlandeise der grössern Eisperioden Europas und Amerikas grosse Obermoränen aus Kies und Steinen auf ihrem Rücken mit sich fortführten, in ähnlicher Weise, wie es die lokalen und verhältnismässig kleinen Gletscher der Alpen u. s. w. thun. Eine solche Behauptung, die durch einseitige Studien an lokalen Gletschern entstanden und jetzt auch grösstenteils wieder verlassen ist, bedarf kaum einer andern Widerlegung als des Hinweises auf das grönländische Inlandeis. Die Existenz solcher Obermoränen, ausser in den äussern Randzonen, stimmt auch nicht mit der ganzen Mechanik eines Inlandeises. Dass Nunatakken im Innern des europäischen Inlandeises existiert haben, von welchen z. B. die Moränenmassen Deutschlands herstammen könnten, ist schon an und für sich sehr unwahrscheinlich, wenn nicht unmöglich, denn wo sollten solche existiert haben? Sie müssten in den norwegischen Hochgebirgen gesucht werden, in Jotunheimen, Dovre u. s. w., wir können aber jetzt mit grosser Sicherheit sagen, dass alle diese hohen Gebirge auf der andern (nordwestlichen) Seite der Gletscher- oder Eisscheide lagen, so dass, falls da Nunatakken vorhanden waren, die davon gebildeten Obermoränen in das Atlantische Meer und nicht südwärts nach Deutschland hätten geführt werden müssen. Aber selbst wenn eine Obermoräne im Innern eines Inlandeises wirklich zur Bildung gelangte, könnte sie sich nicht lange an der Oberfläche erhalten. Infolge der Mechanik des Gletschers müssen sie nämlich während der Bewegung der Schnee- und Eismasse nach auswärts ganz allmählich zu Boden sinken, denn die ganze Schnee- und Eismasse ist ja, wie es auch die Schichtung zeigt, in einer stetigen Bewegung von der Oberfläche gegen den Boden und vom Binnenlande nach der Küste begriffen, indem sie oben immer neuen Zuwachs bekommt, während unten die Masse nach auswärts gedrückt wird, so dass, was einmal oben war, zuletzt unten liegen muss, wenn es nicht schon früher den Rand des Eises erreicht hat. Ist dieser Gegenstand ein Stein, der ein viel grösseres Eigengewicht besitzt als der Schnee, so wird er sich rascher nach dem Boden zu bewegen als der Schnee. Eine aufwärtssteigende Bewegung durch die ganze Eismasse, wie sie Dr. G. F. Wright für die erratischen Blöcke annimmt, kann nicht existieren, sie ist nicht physikalisch begründet, denn sie vernachlässigt alle jene Momente, welche wir soeben besprochen haben, und sie streitet gegen alle Erfahrung. Ich brauche nur auf das grönländische Inlandeis hin-

zuweisen, wo keine Obermoräne und überhaupt keine fremden Gegenstände im ganzen Innern auf der Oberfläche vorhanden sind, wie ja auch die davon kommenden Eisberge ausserordentlich selten Steine einschliessen, was ganz gewöhnlich sein müsste, wenn die erratischen Blöcke, die von dem Boden losgerissen werden, sich immer aufwärts bewegen und bewirken würden, dass der Gletscher einem Plumpudding gleicht, gefüllt mit zerstreutem Kies und Steinen von oben bis unten und von einer Seite bis zur andern.« So Nansen.

Später hat E. v. Drygalski durch seine gründlichen Untersuchungen und Messungen das Wesen der Bewegung des Inlandeises völlig klargestellt.[1]) Auf Grund dieser Untersuchungen ist nicht weiter zweifelhaft, dass die gewaltige, vielleicht 4000 *m* mächtige Eismasse, welche über Skandinavien aufgehäuft war, sich über den Boden der flachen Becken der Nord- und Ostsee vorwärts schoben und deren Wassermassen verdrängten und vom Ozeane abschnitten.

Was die Bewegungsrichtung des Inlandeises anbelangt, so haben die umfassenden Untersuchungen von J. Petersen diesen zu folgendem Ergebnisse geführt: »Die Eismassen der Diluvialzeit bewegten sich von den höchsten Erhebungen der skandinavischen Halbinsel, von der Linie Jötunfjelde-Lappmarken, radial nach der Eisgrenze und bewegten sich dabei über den westlichen und mittlern Teilen des Flachlandes in Richtungen zwischen Nordost—Südwest und Nord—Süd, in den östlichen Teilen des Flachlandes in mehr nach Osten von der Nord-Südrichtung abweichenden Richtungen. Die einzelnen Teile des Nährgebietes sind nicht stets von gleicher Bedeutung gewesen, sondern die östlicher gelegenen Teile haben vorherrschend die Eisbewegung beeinflusst. Während der letzten Vereisung scheint nur der östliche Teil des Nährgebietes die Norddeutschland erreichenden Ströme gespeist zu haben. Die von den genannten Bewegungsrichtungen abweichenden Stromrichtungen sind von geringerer Ausdehnung und verdanken ihre Existenz teils veränderten Lagen der Vereisungsgrenze, teils dem Einflusse des Meeres, das Eismassen zum Kalben brachte und daher die Stromrichtungen abänderte.«

Damit im wesentlichen übereinstimmend kommt Wahnschaffe zu dem Resultate, dass die Hauptmasse der Geschiebe nach unserem Gebiete durch einen Eisstrom verbreitet worden ist, der sich von Nord nach Süd im Bottnischen Busen vorschob und von Nordwest her aus den schwedischen Landschaften Angermanland und Jemtland seitliche Zuflüsse erhielt. Er überschritt die Alandsinsel und breitete sich von dort, wie dies auch die Schrammen anzeigen, der grössern Erweiterung des Ostseebeckens entsprechend, radial nach Süden zu aus. Südlich von den Alandsinseln erhielt er Zuflüsse aus Dalarne und der östlichen Hälfte des weiter südlich gelegenen Schweden.

---

[1]) Siehe Gaea 1898. p. 417 u. ff.

Aus dem Vorkommen von Geschieben aus dem Basaltgebiete Schonens in Holland, Oldenburg und Mecklenburg und dem Fehlen derselben in Neuvorpommern und Rügen muss man unter Berücksichtigung der andern, in den westlichen Teilen Norddeutschlands hauptsächlich vorwaltenden Geschiebe den Schluss ziehen, dass das dieses Gebiet überflutende Inlandeis nach dem Überschreiten der Alandsinseln der schwedischen Küste bis etwa zur Nordspitze der Insel Öland folgte. Hier betrat der Eisstrom wiederum das schwedische Festland, und indem er allmählich aus der nordnordost-südsüdwestlichen in eine nordost-südwestliche Richtung überging, behielt er dieselbe von Schonen bis zum Unterrheine bei. Die Neuvorpommern und Rügen erreichende Partie des Inlandeises rückte von den Alandsinseln an im Ostseebecken gegen Südsüdwest vor und überschritt dabei den Kalmarsund, die Küste von Småland und die Inseln Öland, Gotland und Bornholm. Nach Cohen und Deecke finden sich in Neuvorpommern an bestimmbaren Leitgeschieben in grösserer Menge Rapakiwi und Granitporphyre von Angermanland, Diabase von Björneborg, Rapakiwi von Nystad, die ganze Gesteinsserie der Alandsinseln, die Granite von Upsala und Stockholm, die Hälleflinten, Granitporphyre und Granite der Smäländer Küstenstriche, Gotländer und Öländer Silur, sowie fast alle wichtigern Vorkommen der Insel Bornholm. Dazu kommen ferner die anstehend unbekannten, aber sicher dem Ostseebecken entstammenden Ostseekalke, die Beyrichienkalke und die Ostsee-Quarzporphyre und -Syenitporphyre. Durch seitliche Zuflüsse des in der baltischen Rinne vorrückenden Haupteisstromes wird das vereinzelte Vorkommen der Geschiebe von dem jüngern Granit aus Dalarne, den Elfdalener Bredvadporphyren und dem Wiborger Rapakiwi erklärt. Nach Königsberg i. Pr. gelangte der Haupteisstrom von den Alandsinseln aus in nordsüdlicher Richtung. Innerhalb des norddeutschen Flachlandes breiteten sich die Inlandeismassen radial aus, denn nur so ist es zu verstehen, dass der Verbreitungsbezirk der Geschiebe nach Süden zu an Umfang zunimmt. Die ältern Schrammenrichtungen deuten ebenfalls die radiale Ausbreitung des Inlandeises an.« In Übereinstimmung mit diesen Thatsachen stehen nach Wahnschaffe auch die ältern Resultate der Geschiebeforschungen in der Mark Brandenburg, denn die Hauptmasse der hier vorkommenden Geschiebe müsse auf das östliche Schweden, die benachbarten Inseln und auf die jetzt von der Ostsee bedeckten Gebiete zurückgeführt werden.

Da während der Eiszeit ganz Skandinavien völlig von einem bis zu 4000 *m* mächtigen Eispanzer überdeckt war, so konnte auf der Oberfläche desselben ebensowenig Schutt vorhanden sein als auf der Oberfläche des heutigen grönländischen Eispanzers. Alles von dem Eise fortgeführte Schuttmaterial musste also in Gestalt von Grundmoränen ausgebreitet werden, wie es beim grönländischen Inlandeise noch heute der Fall ist. In der That ist der überall im nord-

deutschen Flachlande vorgefundene Geschiebemergel mit seinen zum Teil geschrammten Blöcken nichts anderes als die alte Grundmoräne des alten Riesengletschers und stimmt völlig mit den Bildungen zwischen dem Eise und den Felsoberflächen heutiger Gletscher überein. Indessen darf man sich nicht etwa vorstellen, der Schutt der Grundmoräne sei lediglich unter dem Eise fortgeschoben worden, denn die Beobachtungen in Grönland haben ergeben, dass die untern Lagen des Inlandeises reich an Schutt sind, der aus dem Untergrunde aufgenommen worden und mit forttransportiert wurde. »Steine und Kies in der Gletschermasse,« sagt Nansen, »stammen nach der gewöhnlichen Anschauung von irgend einer Obermoräne, sind in Spalten gefallen und sodann von der Eismasse eingeschlossen worden. Diese Erklärung kann unmöglich da Stich halten, wo es keine Obermoräne giebt; ich finde die wahrscheinliche Ursache in Unebenheiten des Untergrundes, über welche die Eisdecke hinwegschritt. Wenn eine solche Unebenheit in die Eismasse hineinragt, muss die Bewegung der untern Schichten gestört werden, indem das Eis teils nach den Seiten der Unebenheit, teils über dieselbe gepresst wird. Die Grundmoräne folgt natürlich denselben Richtungen; ein Teil derselben wird aufwärts über die Unebenheit geschoben und, sobald dieselbe passiert ist, in die Eismasse eingebettet, indem er nicht den Abhang auf der Leeseite der Unebenheit folgt, sondern eine mehr horizontale Richtung beibehält, da das an den Seiten der Unebenheit fliessende Eis sich an der Leeseite zum Teil unter dem den Gipfel übersteigenden Eise schliesst. In ganz ähnlicher Weise entsteht in einem Wasserstrome, wo Unebenheiten auf dem Boden vorkommen, eine aufwärts steigende Bewegung, die sogar eine Welle an der Oberfläche erzeugt. Wie im Wasser an solchen Stellen eine stärkere Strömung entsteht, so auch im Eise über und an den Seiten solcher Unebenheiten, denn nur dadurch kann eine Verminderung des Querschnittes der Masse ausgeglichen werden. Von den Unebenheiten selbst werden natürlich oft auch Blöcke losgerissen und in derselben Weise im Eise eingebettet. Da grosse wie kleine Unebenheiten unter der Eisdecke allgemein vorkommen müssen, so ist es nicht schwer zu verstehen, dass Kies und Steine in den untersten Schichten des Eises verbreitet sind, und man braucht gewiss nicht zu Hypothesen von einer aufwärts steigenden Bewegung der Blöcke selbst im Eise u. s. w. seine Zuflucht zu nehmen.«

Indessen muss man mit Heim und Wahnschaffe annehmen, dass die mächtigen Lager des Geschiebemergels nicht auf einmal vom Eise fortbewegt wurden, sondern nach und nach zur Ablagerung kamen. »Das vorrückende Inlandeis,« sagt Wahnschaffe, »schaffte immerfort neues Grundmoränenmaterial herbei; die zu unterst abgelagerten Massen gelangten schliesslich zur Ruhe, und es häufte sich nun nach und nach Material darüber an. Nur so lässt es sich erklären, dass dort, wo aus einer anstehenden Kuppe ältern Gesteins eine Lokalmoräne

gebildet wurde, die Bruchstücke dieses Gesteins in dem darüber lagernden Geschiebemergel fast vollständig fehlen können.«

Für die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes ist die zuletzt entstandene Grundmoräne, der oberste Geschiebemergel, natürlich am wichtigsten. Er findet sich, nach Wahnschaffe, in ausgedehnten Flächen »im östlichen Teile von Schleswig-Holstein, in Mecklenburg, Brandenburg, Pommern, Posen, sowie in Ost- und Westpreussen, scheint dagegen westlich der Elbe nur noch in der Altmark in grössern Partien erhalten zu sein. In der Form, wie er ursprünglich unter dem Eise gebildet wurde, tritt er nur ganz ausnahmsweise unmittelbar an die Oberfläche, da seine obere Decke in der Regel der Verwitterung bereits anheimgefallen ist. Zunächst ist er gewöhnlich von einer $^1/_2$—$1^1/_2$ *m* mächtigen, zapfenförmig in den Geschiebemergel eingreifenden, entkalkten Lehmschicht bedeckt, die sich erst, wie Berendt gezeigt hat, in postglazialer Zeit durch Kalkentziehung von seiten der kohlensäurehaltigen Atmosphärilien bildete. In den meisten Fällen ist diese Lehmschicht von lehmigem bis schwach lehmigem, geschiebeführendem Sande bedeckt, der zum Teil durch die ausschlämmende Thätigkeit der Atmosphärilien, zum Teil aber auch schon durch die Einwirkungen der Schmelzwasser des Inlandeises bei dem Rückzuge desselben entstanden sein mag. Die Oberfläche des obern Geschiebemergels ist demnach keine ursprüngliche mehr, namentlich ist dieselbe auch in den Gebieten, welche sich in langjähriger Kultur befinden, fast völlig von den grössern, an der Oberfläche liegenden, erratischen Blöcken befreit. In der nächsten Umgebung Berlins sind durch den grossen Bedarf an Feldsteinen in der Hauptstadt, durch Anlage von Chausseen, durch Pflasterung der Höfe in den Dörfern, sowie durch Verwendung bei Stallgebäuden, die Felder oberflächlich bereits völlig von allen grössern Steinen befreit worden. Begiebt man sich in solche Gebiete, die etwas weiter von den Eisenbahnen und Chausseen abliegen und zum Teil noch mit Wald bedeckt oder vor noch nicht allzulanger Zeit in Ackerland umgewandelt worden sind, so ist man oft erstaunt über den Reichtum an grössern Blöcken, der sich an der Oberfläche der aus Geschiebemergel bestehenden Gebiete findet.«

Wo der Geschiebemergel in ausgedehnten Flächen auftritt, zeigt sich häufig eine ebene, nur wenig gewellte Hochfläche, oft aber auch eine stark wellige, mit zahlreichen Einsenkungen versehene Fläche. Gebiete dieser letztern Art nennt Wahnschaffe Grundmoränenlandschaften. »Diese Gliederung des Terrains,« sagt er, »wird dadurch hervorgerufen, dass die fast ausschliesslich aus Geschiebemergel nebst seinen Verwitterungs- und Ausschlämmungsprodukten bestehende Oberfläche auf geringe Entfernungen einen raschen Wechsel der Höhenunterschiede aufweist. Zwischen den zahllosen, in ganz unregelmässiger, wirrer Anordnung hervortretenden wall- und kuppenartigen Anschwellungen des Terrains liegen eben-

soviele Einsenkungen, die eine kleinstückige, zerschnittene Gestalt der Oberfläche verursachen. Die Bodenwellen umschliessen unzählige kleine, meist mit Torf- oder Moorbildungen erfüllte, rundliche Pfuhle (Sölle) und zahlreiche grössere, mehr oder weniger unregelmässig gestaltete Moore und Seen. Diese Durchsetzung der Landschaft mit grössern und kleinern Moorflächen, Pfuhlen und Seebecken ist zuweilen, wie in einigen Gebieten Ost- und Westpreussens, sowie Hinterpommerns, eine so dichte, dass die Geschiebemergelhochfläche auf der Karte fast siebartig durchlöchert erscheint. Der typische Charakter der Grundmoränenlandschaft findet sich im norddeutschen Flachlande vorzugsweise im Gebiete des baltischen Höhenrückens, so dass sie im grossen und ganzen an diesen wie überhaupt an eine grössere Höhenlage gebunden erscheint.«

Diesem Landschaftstypus gehören die Drumlins an, langgestreckte rückenartige Hügel, die gesellig auftreten, oft in parallelen Reihen, und nur in Gebieten mit ehemaliger Vergletscherung gefunden werden. Im norddeutschen Flachlande hat Keilhack sie in der Provinz Posen und in Hinterpommern gefunden; nicht minder findet man sie aber auch am nördlichen Rande des Alpengebietes, in der Nähe des Bodensees. Ihre Höhe schwankt zwischen 5 und 15 *m*, und sie gehören unstreitig zu den subglazialen Gebilden, obgleich über die spezielle Art und Weise ihrer Entstehung die Ansichten noch auseinander gehen.

Was nun die Gestaltung des baltischen Höhenrückens anbelangt, so bringt sie Wahnschaffe mit dem Vorhandensein des Ostseebeckens in Beziehung. »Meine Ansicht,« sagt er, »ist, dass das Inlandeis beim Hindurchgehen durch eine grosse Bodeneinsenkung nach Überwindung derselben zur Anhäufung und Zusammenschiebung von Schuttmaterial an deren jenseitigem Rande veranlasst wird, wodurch derartige als Moränenlandschaft bekannte Oberflächenformen entstehen können. Erhebungen des ältern Gebirges haben ohne Zweifel teilweise den Kern für diese Ansammlungen diluvialer Massen abgegeben und den Verlauf der einzelnen Teile des Höhenrückens wahrscheinlich beeinflusst. Die Seenplatte selbst aber entstand infolge der Schwierigkeiten, welche das Ostseebecken der Ausbreitung des Inlandeises entgegenstellte. Die durch das vorhandene Gefäll vom skandinavischen Gebirgsmassive her verstärkte Bewegung der Eismassen reichte aus, um den mitgeschleppten Bodenschutt durch das Becken hindurch zu transportieren, musste jedoch bei der Ersteigung des jenseitigen Randes mehr und mehr nachlassen, bis dort, wo die grösste Verlangsamung der Eisbewegung eintrat, die stärkste Anhäufung von Glazialbildungen und zu gleicher Zeit die bedeutendste Zusammenschiebung derselben stattfand.« E. v. Drygalski stimmt diesen Ausführungen zu.

Aus den Beobachtungen an den heutigen Gletschern ergiebt sich, dass jeder vorrückende Gletscher Schuttmassen vor sich herschiebt, die man als Stirn- oder Endmoränen bezeichnet. Auch der unge-

heuere Eispanzer, der von Skandinavien aus nach Deutschland übergriff, muss solche Endmoränen erzeugt haben, und sie sind in der That vorhanden, wurden aber früher, ehe man etwas von der Eisbedeckung Norddeutschlands wusste, nicht als Endmoränen erkannt. Heute weiss man dagegen, dass lange Züge derselben sich vom Norden Schleswigs bis zur Lübecker Bucht, dann von dort bis zum Oderknie bei Oderberg und jenseits bis über Bütow im nordöstlichen Pommern verfolgen lassen. Rechts und links von der untern Oder treten sie sogar in mehrern Reihen hintereinander geordnet auf. Diese Moränen bezeichnen die Stillstandslagen des Inlandseises, also die äussersten Punkte, bis wohin die Vergletscherung vordrang, d. h. es sind Rückzugsmoränen. Wo mehrere dieser Schutt- und Trümmerwälle in grössern Abständen hintereinander auftreten, sind die nördlichsten die jüngsten, und jeder Moränenwall bezeichnet einen Umkehrpunkt in der Bewegung des Eises. Wenn also die uckermärkische Endmoräne zwischen Gerswalde, Fürstenwerder, Feldberg und Alt-Temmen in zwei konzentrischen Bogenzügen, die etwa 12 *km* voneinander entfernt sind, sich darstellt, so lehrt dies, dass das Inlandeis, nachdem es bis zur Linie der heutigen Orte Alt-Temmen-Feldberg gegen SW vorgedrungen war, sich später zurückzog, und zwar nordostwärts hinter die Linie Gerswalde-Fürstenwerder, dann aber wieder bis zu dieser Linie vorstiess, wodurch die zweite Stirnmoräne aufgetürmt wurde.

Eine besondere Klasse von Bildungen, die man zuerst in den ehemaligen Glazialgebieten Schwedens unterschied und als Åsar bezeichnete, sind lange, wallartige, aus Sand, Grand und Geröll bestehende Stücke, die durch ihre Schichtung und Abglättung des Gerölls ihren fluviatilen Ursprung verraten. Sie kommen auch in Norddeutschland vor und wurden von Geinitz in Mecklenburg als Wallberge beschrieben. Die nähere Art ihrer Entstehung ist noch nicht genau festgestellt, die meisten Ansichten vereinigen sich dahin, dass subglaziale Bodenströme, die in geschlossenen Kanälen unter dem Eise fortströmten, das im untern Teile des Eises eingeschlossene Moränenmaterial auf dem Boden ablagerten und beim Zurückschmelzen des Eises in wallartig angehäuften Ablagerungen zurückliessen.

Als die Eisperiode für Mitteleuropa ihren Höhepunkt erreicht hatte, war in Deutschland alles Land bis zu den Abhängen des Mittelgebirges, d. h. bis zum 51.⁰ nördl. Br. und ostwärts sogar noch tiefer gegen Süden völlig unter einer mächtigen Eisdecke begraben. In dem Masse, als das Eis abschmolz und nordwärts zurückwich, bildeten die Schmelzwasser, den natürlichen Gefällsverhältnissen entsprechend, Abläufe, die sich zu Thälern erweiterten, und diese bildeten die Uranlagen der heutigen Flussthäler, die sogenannten Urstromthäler. Diese Thäler bildeten sich, wie zuerst Berendt klar erkannte, von Süd nach Nord schreitend, und die Schmelzwasser

flossen in ihnen nach Richtungen hin ab, die im allgemeinen den Strömungsrichtungen unserer heutigen norddeutschen Flüsse entgegengesetzt waren. Im einzelnen waren die Verhältnisse sehr kompliziert, und die einzelnen Phasen in der Lage des Eisrandes und der Richtung der abströmenden Schmelzwasser lassen sich wohl nicht ohne hypothetische Annahmen feststellen. Im allgemeinen aber kann man annehmen, dass beim Rückzuge des Eises durch die Schmelzwasser grosse Sammelrinnen entstanden, dem Eisrande mehr oder weniger parallel, und diese Rinnen bildeten dann später die Thalwege der von Süden kommenden Ströme, die allmählich von Süden gegen Norden hin aus einem in das andere Thalsystem durchbrachen, bis sie das Meer erreichten.

Die Gebiete ehemaliger Vergletscherung sind fast immer durch grossen Reichtum an Seen ausgezeichnet, so auch das norddeutsche Flachland im Gebiete des baltischen Höhenrückens, während dieselben westlich von der Elbe fast fehlen. Die Frage nach der Bildung dieser Seen konnte in befriedigender Weise erst beantwortet werden, nachdem man die frühere Eisbedeckung dieses Gebietes erkannt hatte. Wahnschaffe unterscheidet im norddeutschen Flachlande ihrer Entstehung nach folgende Seentypen, die entweder an einem See allein oder auch in Kombination auftreten können:

1. Grundmoränenseen, die Vertiefungen der koupierten Grundmoränenlandschaft einnehmend;
2. Stauseen, durch die Endmoränen angestaut;
3. Rinnenseen, zum Teil subglazial, zum Teil extraglazial durch strömendes Wasser entstanden;
4. Ausstrudelungsseen (Evorsionsseen) durch vertikal oder schräg wirkende Gletscherschmelzwasser ausgekolkt;
5. Faltenseen, durch Wasseransammlungen innerhalb glazialer faltenartiger Aufstauchungen entstanden;
6. Eiserosionsseen, durch unmittelbare Glazialerosion gebildet;
7. Einsturzseen, auf Auslaugung des ältern Untergrundes zurückzuführen, in Sandgebieten vielleicht auch durch Schmelzen von fluvioglazial verschüttet gewesenen Inlandeisresten entstanden.

Der grösste See des norddeutschen Flachlandes ist die Müritz, $3^3/_4$ Meilen lang, $1^3/_4$ Meilen in grösster Breite.

Was den Vorgang der Eisbedeckung Norddeutschlands anbelangt, so glaubte Torell, dass es sich nur um eine einmalige Eisperiode handle, während Helland 1879 aus der Lagerung und Beschaffenheit der Glazialablagerungen zwei Gletscherzeiten anzunehmen für nötig erachtete, Penck dagegen eine dreimalige Vergletscherung behauptete. »Die Annahme,« sagt Wahnschaffe, »von zwei längern Interglazialperioden für Norddeutschland, die gegenwärtig von der Mehrzahl der deutschen Glazialisten, sowie auch vom Verf. geteilt wird, beruht in erster Linie auf dem Nachweise von Resten einer Fauna und Flora gemässigten Charakters in geschichteten Bildungen zwischen zwei

Grundmoränen, woraus ein vollständiges Zurückschmelzen des Inlandeises während eines mildern Klimas und ein darauf folgendes erneutes Vorrücken gefolgert werden kann.«

Nach James Geikie wären für Norddeutschland vier Vereisungen anzunehmen, doch beruhen diese Schlüsse nur auf vereinzelten Beobachtungsthatsachen, die an und für sich schon mehrfacher Deutung fähig sind. Es ist aber nicht zulässig, auf solche Thatsachen Schlüsse von so weittragenden Folgen zu gründen. Wahnschaffe nimmt nur drei Vereisungen an, die durch zwei Interglazialzeiten mit gemässigtem Klima voneinander getrennt waren. Indessen lässt sich nach seiner Meinung zunächst nicht genau bestimmen, welche Ausdehnung die drei Vereisungen besessen haben, »aber es ist möglich, dass analog der Alpenvergletscherung die erste Vereisung die geringste, die zweite die grösste Ausdehnung besass, während die letzte den Umfang der zweiten nicht ganz erreichte. Aus der geringern Mächtigkeit des obern Geschiebemergels ist schon frühzeitig geschlossen worden, dass das Inlandeis der letzten Vereisung nicht die Mächtigkeit und Ausdehnung besessen habe, wie dasjenige der Hauptvereisung.

Spuren vom Dasein des Menschen haben sich nur in der jüngsten Interglazialzeit an drei Punkten des norddeutschen Flachlandes gezeigt, und auch diese sind noch nicht über allen Zweifel sicher.

Seit dem Verschwinden des Eises, also während einer Zeit von mindestens 6000 Jahren, haben sich die durch dasselbe verursachten Formen der Oberfläche in Norddeutschland nur wenig verändert. Diese Änderungen bestehen hauptsächlich in der stellenweisen Verlegung des Stromlaufes der Flüsse, im tiefen Einschneiden vieler Wasserläufe in den Thalboden, im Vermooren kleiner Seen, in Anschwemmungen und Aufschüttungen von Dünensand, als auch in Zerstörungen der Küsten.

Die östliche Hälfte der Adamellogruppe ist von Prof. Dr. W. Salomon untersucht worden.[1]) Er stellt fest, dass die nördliche Grenze des gewöhnlich unter dem Namen »Presanellagebirge« bekannten Thales der Adamellogruppe von einer kolossalen, schon früher von ihm auf grosse Strecken verfolgten Dislokation der Zonalverwerfung gebildet wird, und führt die Entstehung des untern Veltlins, des Apricathales, der obern Val Camonica und der Val di Sole, als eines einzigen riesigen Zuges von Längsbruchthälern auf diese Verwerfung zurück. In einer zweiten Mitteilung zeigt er, dass die sogenannten Sabbione-Granite Judicariens jünger sind als die Rendenaschiefer, diese durchbrochen und verändert haben. Er teilt eine Reihe von Beobachtungen über die Entstehung der in den Rendenaschiefern auftretenden Erzlagerstätten mit und zeigt, dass in der Gegend des jetzigen Rendenathales eine Insel im permisch-

[1]) Sitzber. d. Kgl. preuss. Akad. 1901. 8 u. 31.

triadischen Meere existierte. Er weist endlich nach, dass die unterirdischen Schmelzflüsse, aus denen der das Adamellogebirge wesentlich zusammensetzende Tonalit entstanden ist, ein Minimalgewicht von 4860 Milliarden Tonnen besessen haben und um wenigstens 5250 *m* bei ihrer Intrusion gehoben worden sein müssen.

Am Schusse seiner Abhandlungen behandelt Prof. Salomon die Frage, ob die Intrusion so gewaltiger Tiefengesteinsmassen wie z. B. des Tonalits der Adamellogruppe und der übrigen alpinen zentralmassivischen Tiefengesteine nicht doch, wie man in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts annahm, einen beträchtlichen Anteil an der Gebirgsbildung hat, ja haben musste. »Man hat«, sagt er, »diese Anschauung jetzt lange Zeit hindurch als vollständig unbegründet angesehen, obwohl doch schon die kuppelförmige Auftreibung der Schichtsysteme über den nordamerikanischen Lakkolithen zeigt, dass eine Hebung von Sedimentschichten durch intrusive Gesteinsmassen wirklich vorkommt und beträchtlichen Umfang erreichen kann«. Dieser Frage tritt Prof. Salomon auf eine neue Weise näher, mit folgender Berechnung.

»Der Tonalit war zweifellos zur Zeit seiner Intrusion von einer Kruste von Sedimenten bedeckt. In der südlichen Hälfte des Adamellomassivs lagen und liegen noch heute an einigen Stellen auf ihm Schichten der mittlern und obern Trias. Die Schichtsysteme, die an ihn herantreten, spalten sich in der Nähe des Kontaktes. Ein Teil sinkt trichterförmig unter ihn ein, der obere Teil dagegen breitete sich als ein gewölbtes Dach über ihm aus. In der nördlichen Hälfte muss diese bedeckende Kruste aus dem gesamten Perm-Triassysteme bestanden haben, ganz abgesehen davon, ob nicht über der Trias noch Jura, Kreide und ein Teil des Eocän, unter dem Perm krystalline Schiefer vorhanden waren oder nicht. Nun sind auf den höchsten Gipfeln des Massivs, dem Adamello und der Presanella, keinerlei Reste der alten Sedimentdecke mehr vorhanden, obwohl sie die beträchtlichen Höhen von 3554 und 3564 *m* erreichen. Es muss also die Kontaktfläche der Sedimente höher als die jetzigen Gipfel gelegen haben, wenigstens etwa in 4000 *m* Höhe.« Prof. Salomon hält als Minimum für die Höhe der untern Fläche des Muschelkalkes über dem Adamello die Zahl von 4350 *m*. Dieselbe Fläche befindet sich neben dem Tonalitmassive an dem Elto in etwa 2150 *m* Höhe. Die Höhendifferenz zwischen der untern Grenzfläche des Muschelkalkes auf dem Elto und über dem Adamello beträgt also etwa 2200 *m*. Suchen wir nun nach einem Grunde für die höhere Lage derselben Schicht über dem Tonalitmassive im Verhältnisse zu ihrer Lage neben dem Massive, so wird wohl niemand den so oft für die grosse Höhe der Zentralmassive verantwortlich gemachten grossen Erosionswiderstand der granitischen Gesteine nennen wollen, und es scheint kein anderer Grund möglich zu sein als der, dass die Intrusion des Tiefengesteines die Sedimente emporhob und zum Gebirge aufwölbte. Gegen diese Annahme wurde aber lange Zeit hindurch angeführt, dass man keine Kraft kenne, die eine derartige Hebung zu leisten im stande sei. Und in der That war die hebende Kraft der Eruptivmassen, wie man sie in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts voraussetzte, ein durchaus unklarer, beinahe mystischer Begriff. Prof. Salomon sagt nun, dass bei der Intrusion solcher Tiefengesteinsmassen in der That enorme hebende Kräfte thätig sein müssen, und führt zu diesem Behufe folgende weitere Berechnung aus: »Nach einer rohen Messung, beträgt die vom Tonalit der Adamellogruppe eingenommene Horizontalfläche zwischen 600 und 700 *qkm*. Der höchste aus Tonalit bestehende Gipfel, die Presanella, hat eine Höhe von 3564 *m*; der niedrigste Aufschluss von Tonalit dürfte in ungefähr 785 *m* Höhe liegen, die Höhendifferenz beträgt also in der Presanellagruppe 2779 *m*. Nun fallen aber die Tonalitgrenzflächen fast überall steil ab so dass

Tonalit jedenfalls noch in beträchtlichen Tiefen unter den tiefsten Aufschlüssen zu erwarten ist. Ich bleibe daher, wenn ich die vertikale Mächtigkeit seiner Masse überall auf 3000 *m* ansetze, sicher weit hinter dem wirklichen Mittelwerte zurück. Gehen wir aber dennoch von diesem Minimalwerte aus, so ergiebt sich das Volum der Tonalitmasse zu im Minimum 1800 *ckm*. Rechnen wir das spezifische Gewicht des Tonalits rund = 2.7, so ergiebt sich als Gesamtgewicht der Tonalitmasse der Adamellogruppe die Zahl von 4860 Milliarden Tonnen, die übrigens wahrscheinlich um ihren mehrfachen Betrag zu klein ist. — Diese Tonalitmasse lag nun vor ihrer »mise en place« in einem viel tiefern Niveau der festen Erdkruste, bez. unter dieser, und stieg bei der Intrusion bis in das Niveau des Esinokalkes hinauf. Wir haben keinen Anhaltspunkt dafür, wie tief sie ursprünglich lag. Jedenfalls muss sie weit über 2.5 *km* unter den tiefsten jetzt in ihrer Nachbarschaft aufgeschlossenen und eine Kontaktmetamorphose aufweisenden krystallinen Schiefern gelegen haben. Denn deren Kontaktmetamorphose ist bestimmt erst bei der Intrusion entstanden, und die ersten Zeichen der Metamorphose sind in den krystallinen Schiefern häufig in 2.5 *km* Entfernung von der Kontaktfläche wahrnehmbar. Nehmen wir als Minimalzahl für die Tiefe des Tonalitmagmas unter den jetzt tiefsten Aufschlüssen kontaktmetamorpher krystalliner Schiefer 3 *km* an, so müssen wir zu dieser Zahl jetzt noch die gesamte Mächtigkeit der über diesen Aufschlüssen vorhandenen, vom Tonalit durchbrochenen Sedimente rechnen. Die tiefsten Aufschlüsse kontaktmetamorpher krystalliner Schiefer in der Adamellogruppe finden sich am Ausgange der Val Gallinera bei Rino in der Val Camonica. Sie bestehen aus Edoloschiefern (Quarzlagen-Phylliten), die von einer Apophyse des Tonalits durchbrochen sind. Ihre Höhenlage beträgt nur 800 *m* über dem Meere. Darüber aber steigen die krystallinen Schiefer an den Hängen des Monte Aviolo noch bis zu Höhen von 2350 *m* an. Wir dürfen die Höhendifferenz als vertikale Dicke des von ihnen bei der Intrusion des Tonalits zusammengesetzten und von diesem durchbrochenen Teiles der Erdkruste rechnen, wobei die Zahl von 1550 *m* sicher wesentlich hinter der wirklichen zurückbleibt. Über den krystallinen Schiefern lagen zur Zeit der Intrusion wohl in flacher Lagerung das Perm (wenigstens 200 *m*), Servino und Zellendolomit (wenigstens 150 *m*), der Muschelkalk, die Buchensteiner und Wengener Schichten, sowie der noch vom Tonalit durchbrochene Teil des Esinokalkes (zusammen wenigstens 350 *m*), wobei wir natürlich von den nicht mehr durchbrochenen Sedimenten absehen. Die Gesamtsumme der einzelnen Beträge (3000, 1550, 200, 150, 350 *m*) ist 5250 *m*. Um wenigstens 5250 *m* ist also die im Minimum 4860 Milliarden Tonnen schwere Tonalit-Magmamasse bei ihrer Intrusion emporgehoben worden. Das ist eine Thatsache, keine Hypothese! Es muss also in der That eine enorme Kraft die Tiefengesteinsmagmen in die Höhe pressen, eine Kraft, von der man sich nur dann eine richtige Vorstellung machen wird, wenn man berücksichtigt, dass die hier angegebenen Minimalzahlen aller Wahrscheinlichkeit nach die eine noch nicht den vierten, die andere noch nicht den zwölften Teil der wirklichen Beträge erreichen. Ich halte es nach dem Gesagten nicht für wunderbar, wenn dieselbe Kraft, welche so gewaltige Magmamassen um solche Beträge in die Höhe zu pressen vermag, auch die über den Magmamassen liegen bleibenden Sedimente um einige Tausende von Metern in die Höhe hebt, zu Gebirgen aufwölbt. Ja, ich würde es geradezu unbegreiflich finden, wenn dieser von unten nach oben mit solcher Energie wirkende Druck gerade an der untern Schichtfläche der ersten nicht mehr von dem Magma durchbrochenen Schicht haltmachen würde.

Fragen wir nun zum Schlusse nach der Ursache der Hebung des Magmas und der Sedimente, so erscheint es hier von vorn herein ausgeschlossen, sie in der Expansionskraft der im Magma enthaltenen Gase

suchen zu wollen. Sie kann ihren Grund, wie Brögger, Salomon und andere schon früher ausgeführt haben, nur in dem hydrostatischen Drucke besitzen, den das Einsinken benachbarter, wesentlich grösserer Teile der festen Erdkruste in den darunter befindlichen flüssigen Magmamassen hervorruft. Dieser Druck zwingt sie, in der Richtung des geringsten Widerstandes auszuweichen. — Das einsinkende Gebiet war, wie ich schon früher einmal zeigte, in unserem Falle das weite periadriatische Senkungsfeld.«

Das französische Zentralmassiv. Mit diesem Namen (französisch: Massif Central) bezeichnet man geographisch das Gebirgsland im Herzen von Frankreich, welches ostwärts steil zur Rhone abfällt und westlich, sowie nordwestwärts sich allmählicher absenkt. Es ist ein vielfach zerschnittenes und zerrissenes Hochland, dessen mittlere Teile als die vulkanische Auvergne bekannt sind. Dr. M. Friedrichsen hat in der geographischen Gesellschaft zu Berlin eine geographisch-geologische Schilderung desselben gegeben, aus der folgendes hervorgehoben wird.[1])

Das Zentralmassiv ist jenes grosse Dreieck aus uralten Graniten, Gneisen und Schiefern, dessen Basis die Linie des Rhone-Abbruches bezeichnet, und dessen Spitze, gegen die Bretagne gekehrt, zwischen Tours und Poitiers liegt. Dieser alten Erdrindenmasse krystallinischer Gesteine fehlt heute eine vorherrschende Erhebungsrichtung ihrer einzelnen Gebirgsteile. Dagegen hat die geologisehe Forschungsarbeit eine solche für die Steinkohlenzeit in ausgeprägtester Weise nachgewiesen. Damals trafen sich hier im Herzen Frankreichs zwei gewaltige alpenhohe Kettengebirge, deren Reste wir in der Nachbarschaft des Zentralmassivs in den Vogesen, dem Schwarzwalde, dem Harze, dem Erzgebirge und den Sudeten auf der einen und der Bretagne auf der andern Seite wiedererkennen, von deren mehrere tausend Meter betragenden Höhen wir aber heute nichts mehr erblicken. Vielmehr senkt sich heute das krystallinische Grundgerüst des Zentralmassivs von dem hohen Steilrande der Cevennen in nur 700—800 *m* mittlerer Höhe langsam gegen Westen in Form einer sogenannten Abrasionsfläche, welche das in dem geologischen Mittelalter unserer Erde gegen die damaligen alpenhohen Gebirge vordringende Meer durch die Gewalt seiner brandenden Wogen schuf. Diese Abhobelung durch das Meer ist denn auch eine der Hauptursachen für den augenblicklichen Oberflächencharakter grosser Teile des Zentralmassivs und reiht es ein in die Gruppe der Rumpfgebirge.

Dieser von der Meeresbrandung stehengelassene alte Gebirgssockel hat im Laufe der Jugendgeschichte unserer Erde gleichzeitig mit der jüngsten Faltung der Alpen diejenigen grossen Veränderungen durchgemacht, welche als fernere Hauptursachen seiner heutigen Gestalt zu betrachten sind. Vor allem wurde er von grossen Bruchsystemen durchsetzt, welche im NO, O und S die heute noch vor-

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1900. p. 514.

handenen Grenzen gegen die Umgebung bestimmen, im Süden das Niederbrechen der Jura-Kalkplatten der sogenannten Causses (vom lat. calx = Kalk) veranlassten, und vor allem im Norden des Massivs den Austritt jener gewaltigen Massen jungvulkanischer Steine bedingten, deren Eruption weiten Teilen des Zentralmassivs seinen eigenartigen und fesselnden Charakter verleiht.

Unter dem alten historischen Landschaftsnamen »Auvergne« sind die vulkanischen Gebietsteile des Massivs auch weitern Kreisen bekannt. Durch Leopold v. Buchs und Poulet Scropes grundlegende Untersuchungen im Anfange unseres Jahrkunderts erlangten sie geradezu klassischen Ruf und wurden für die moderne vulkanologische Forschung von ähnlicher Bedeutung wie die thätigen Vulkanriesen Italiens. Geologisch am jüngsten, daher äusserlich am besten erhalten, erscheint unter den Vulkangruppen der Auvergne die Kette der Puys im Norden des Massivs. Auf einer etwa 30 *km* langen und 5 *km* breiten Zone erheben sich hier nicht weniger als 50 bis 60 vulkanische Berge, deren räumliche Aufreihung ihren innern Grund in der Ausbildung zweier sich schneidender Bruchsysteme hat, deren wichtigeres jener nord-südlichen Bruchlinie parallel läuft, welche wir in der unmittelbaren östlichen Nachbarschaft dieser Berge für das Absinken der mit dem Namen »Limagne« belegten fruchtbaren »Tertiär«-Niederung des Allier um den bekannten französischen Badeort Clermont verantwortlich machen müssen. Die Mehrzahl derselben sind Aufschüttungskegel, deren steilwandige Kegel aus lockerem, vulkanischem Schutte bestehen, welcher sich um eine in den meisten Fällen noch prächtig erhaltene runde Krateröffnung anhäuft. Ihnen stehen einige wenige Vulkanberge gegenüber, deren Baumaterial teils ausschliesslich, teils vorwiegend aus einer trachytischen, vor allem aber petrographisch widerstandsfähigern Lava besteht, welche von ihrer Umgebung abweichende und höhere Bergformen schafft. Unter diesen ragt der höchste Berg der Kette der Puys, der Puy de Dome (1468 *m*) durch seine Höhe, der Sarcouy durch seine merkwürdige, viel umstrittene, auf Überquellen zäher Lavamassen über einen Vulkanschlot zurückführbare Kuppelform hervor.

Gegenüber diesen zu einer langen Kette geordneten vulkanischen Einzelbergen jugendlichsten geologischen Alters haben die zwei südlich der Puys gelegenen grossen Vulkanberge der Mt. Dore und Cantal ganz andern Einfluss auf die heutige Oberflächengestaltung grosser Teile des Zentralmassivs ausgeübt infolge weit gewaltigerer vulkanischer Eruptionsmassen, sowie eines höhern geologischen Alters und einer damit verbundenen tiefgreifendern Umgestaltung ihrer ursprünglichen Form durch die mannigfachsten Agenzien der Verwitterung. Trotz vieler Unterschiede im einzelnen ähneln sich beide Vulkane in ihren grossen Grundzügen. Beide erhoben sich einst über der altkrystallinen Grundmasse des Zentralmassivs zu weit bedeutendern Höhen als heute. Der Mt. Dore, welcher augenblicklich

im Sancy mit 1886 *m* gipfelt, dürfte 2000—3000 *m* erreicht haben, und der Cantal, dessen heutiger Gipfelpunkt nur 1858 *m* erreicht, wird von den französischen Forschern auf 3000—4000 *m* rekonstruiert. Eine radiale nach allen Himmelsrichtungen divergierende Thalanlage kommt beiden Bergen zu. An der intensiven Ausarbeitung dieser Thäler hat vor allem eine nachweislich zweimal eingetretene Vergletscherung, sowie die leichte Angreifbarkeit des lockern Andesit-Konglomerats des Vulkaninnern hervorragenden Anteil. Die Spuren dieser tiefgreifenden Zerstörung in ihrer mannigfachen Form sind es denn auch, welche das Studium beider Vulkane durch Einblick in ihren innersten Aufbau so lehrreich und durch Auflösung der ursprünglich abwechselungsarmen Kegelform des Vulkans in landschaftlich reizvolle Berg- und Thallandschaften so anziehend erscheinen lassen.

Diametral verschieden von diesen vulkanischen Landschaften sind die sogenannten »Causses«, d. h. die im Süden des Zentralmassivs an grossen Bruchsystemen niedergesunkenen und dadurch von späterer Abtragung durch die Atmosphärilien bewahrt gebliebenen Sedimente der abradierend vorgedrungenen mesozoischen Meere. Infolge ihres Aufbaues aus fast horizontalen Schichten von Dolomit, Kalkstein und Mergel verschiedenen geologischen Alters, trägt die Oberflächengestaltung der Causses vorwiegend Hochflächencharakter, deren Ausarbeitung im einzelnen als ein Werk der Erosion der Flüsse und der mannigfachen Agenzien der Verwitterung zu betrachten ist. Zwar trafen diese zerstörenden Kräfte hier auf Gebilde, welche zunächst durch die wenig gestörte Tafellagerung der Schichten und das völlige Fehlen jeder dem Wasser natürliche Wege vorzeichnenden Schichtentfaltung geringe Angriffspunkte boten, welche aber vor allem in der leichtlöslichen Natur ihres kalkigen Gesteinsmateriales die Keime der Zerstörung in sich selbst trugen. So kommt es denn, dass wir hier in den Causses die Tafelschollen zerrissen finden von den unvermutet grossartigen, an die amerikanischen Cañons de Colorado erinnernden, oberirdischen Flussläufen des Lot, des Tarn, der Jonte etc. und im Innern zernagt sehen durch unterirdische Wasserzirkulation in Gestalt weiter Höhlen, Einsturztrichter und unterirdischer Flusssysteme. Alles in allem, liegt in den Causses eine typische Karstlandschaft in allen ihren kleinen und kleinsten Eigentümlichkeiten vor dem Beschauer, wie man sie ähnlich grossartig nur in Dalmatien und Istrien, dem weltbekannten Gebiete der Adelsberger Grotte, wiederfindet.

Die Dünen der französischen Nordküste. In Fortsetzung seiner frühern Studie über die Dünen der Gascogne [1]) schildert [2]) Dr. Richard Le Mang die entsprechenden Gebilde der nordfranzösischen

[1]) Dieses Jahrbuch 11. p. 125.
[2]) Deutsche geogr. Blätter. Bremen 1901. p. 15 ff.

Küste. Zunächst bespricht er die Dünen von der Grenze bis nach Sangatte bei Calais. Diese sind eigentlich nur die Ausläufer jenes mächtigen Gürtels, der sich um Hollands und Belgiens Küsten gelegt hat. Das Land ist hier sehr flach; es ist das Gebiet der Watteringues, die durch Dämme und Einpolderung dem Meere zum Teil abgerungen sind. Die Höhe der Dünen nimmt von Ost nach West zu ab, ebenso ihre Breite.

Die Dünen bestehen hauptsächlich aus kleinen weissen Quarzperlen, ausserdem finden sich noch in geringer Menge Kiesel, roter und braungelber Granatsand, Grünsand und Muschelkalk.

Da man hier immer mehr Land einzupoldern sucht, vor allem auch die jetzige Küstenlinie durch Dämme schützt, so sind die Dünen zum grössten Teile in einem Zustande der Ruhe, der höchstens vom Menschen selbst gestört wird. Durch die Dämme ist ihnen die Zufuhr vom Meere aus abgeschnitten, sie haben sich mit einer dünnen Grasnarbe überzogen und werden als spärliche Weide benutzt.

So liegen die Dünen bei Fort Mardick, westlich von Dünkirchen hinter zwei Diques (Deichen) ein bis zwei Kilometer vom Meere entfernt. Sie sind niedrig und festliegend. Das ändert sich in der Nähe der Pointe de Gravelines, wo die Küste eine südsüdwestliche Richtung annimmt. Hier finden wir die Dünen unmittelbar am Strande bis zu vierfachen Reihen hintereinander und zu doppelter Höhe angewachsen. Hier lässt sich an den Dünen sehr gut die alte Küstenlinie verfolgen. In der Richtung, welche das Ufer bei der Pointe angenommen hat, gehen Dünen bis nach Gravelines weiter, während $2^1/_2$ *km* von der Pointe ab westlich ein Damm (Dique) einsetzt, der in westsüdwestlicher Richtung nach dem Hafen von Gravelines, Fort Philippe, führt. Diese Dünen sind vom Meere durch ein 2—3 *km* breites Vorland, meist Polder, getrennt.

Die Dünen zwischen Fort Philippe und Calais sind von 50 *m* bis 2 *km* breit. Vor den Dünen breitet sich ein äusserst flacher Strand aus, der bei Ebbe eine weite Sandebene bildet.

Von Calais bis Sangatte werden die Dünen immer schmäler und niedriger. Je mehr man sich Sangatte nähert, umsomehr verschwindet der Sand am Strande, um Kalksteinklinkern Platz zu machen, die bei Sangatte selbst das Ufer dicht bedecken.

Das Abnehmen der Dünen nach Sangatte zu zeigt, dass sie entstehen durch den Sand, den das Meer von dem unterseeischen Plateau durch die Strasse von Calais herbeibringt.

Über die Zeit ihrer Entstehung, über ihr Vorrücken und ihre Verheerungen ist so gut wie nichts überliefert. Der Name der Stadt Dünkirchen, die 960 v. Chr. gegründet sein soll, sagt uns, dass es schon damals in dieser Gegend viele Dünen gegeben hat.

An der Steilküste von Kap Blanc Nez bis Equihem bei Boulogne treten Dünen nur in den tief eingesenkten Thälern auf. Die ersten finden sich bei Wissant, wo sie sich bis zum Fusse vom Kap Griz

Nez erstrecken. Am Strande selbst sind sie niedrig, da sie bei Sturmfluten den Wogen zu sehr ausgesetzt sind. Zwischen Strouanne aber und Wissant, wo sie bis einen Kilometer weit ins Innere vorgedrungen sind, haben sie auch den Abhang des Gebirges erstiegen und erscheinen so bei einer eigenen Höhe von 10—20 *m* als mächtige Hügel. Ihre Richtung ist am Ufer der Küste parallel nordöstlich, diese herrscht auch im Innern, obwohl man hier auch alle möglichen andern antrifft. Der vorherrschende Wind ist hier der West, weil der Südwest durch Kap Griz Nez und die Steilküste, die von da unmittelbar nach Süden umbiegt, aufgehalten und abgelenkt wird. Seine Stärke zeigt das Hinaufsteigen der grossen Dünen an den Bergabhang. Sie bestehen aus Quarz mit Beimischung von Muschelkalk und am Ufer mit kleinen Stückchen von Kalksteinklinkern. Während letztere Bestandteile von der Küste selbst stammen, rührt der Sand vom Meere her. Die Stranddünen sind lose und nur mit Sandhafer bewachsen, die weiter im Lande befindlichen liegen schon seit Jahrhunderten fest und sind teilweise mit Wald bestanden.

Hinter Equihem tritt das Hügelland zurück so dass eine mehrere Kilometer breite Flachküste entsteht. Sofort setzen hier Dünen ein, die weit ins Innere vorgedrungen sind. Die Richtung der Dünen ist hier verschieden. Sie ist gleichsam das Mittel zwischen der südlich gerichteten Küstenlinie und dem herrschenden Südwest. Die Sandzufuhr durch die Strömung ist sehr lebhaft und wird gefördert durch die ausserordentlich breite Überflutungszone des Strandes. Das Material ist auch hier Quarz, in dem sich bis 5 % Muschelkalk findet. Die Höhe ist sehr wechselnd, doch sind die entferntern Dünen, die ungefähr in der Mitte, die höchsten, am Ufer verhindert eine gutgepflegte Stranddüne ein weiteres Anwachsen. Früher ging das Land weiter hinaus, wie Baumstämme zeigen, die im Meere gefunden wurden. Auch liegt unter den Dünen eine dunkele Schicht, dem Alios der Landes gleich, ein Beweis, dass hier einst eine andere Pflanzenwelt auf einem andern Boden war. Auch jetzt ist das Meer dabei, die Küste zurückzuschieben. Die schweren Herbst- und Winterstürme reissen grosse Stücke weg und greifen vor allem die Dünenfüsse an. An einem solchen angeschnittenen Ufer kann man diese Alioschicht öfters sehen. Geht man von Equihem ans Meer herab, so trifft man sofort Dünen, die hier bis 3 *km* breit sind. Sie sind bis dicht an den Fuss der Berge herangekommen, so dass eine kleine Schlucht entstanden ist, in der sich einige Feuchtigkeit angesammelt hat. Diese hat einen Teil des Sandes gleichsam festgemacht, und es herrscht eine scharfe Trennung zwischen dem festen und dem losen Sande. Die grössten Dünen finden sich nördlich von Dannes, wo die höchste, der Mont de Frieux, 158 *m* Höhe erreicht. Sie ist damit die höchste Düne Frankreichs und wohl auch Europas. In ihrer Nähe befinden sich einige von

ähnlicher Mächtigkeit, wie z. B. der Mont de Chemin mit 140 *m* Höhe. Sie sind fast 2 *km* vom Meere entfernt.

Früher war dieses Dünengebiet mit Wald bedeckt, wie der Alios beweist und die Baumstämme und sonstigen Überreste, die man gefunden. Bei Camiers ist man auf Reste eines alten Forstes gestossen und hat Bäume gefunden, wie sie jetzt nicht mehr hier vorkommen. Auch unfern von Etaples, dort, wo der Abfluss des Teiches von Camiers sich in die Canche ergiesst, sind derartige Bäume zu Tage getreten. Eine Karte des 17. Jahrhunderts verzeichnet hier noch einen Wald neben einer Ortschaft Rombly, beide sind jetzt unter dem Sande begraben. Neuerdings greift der Mensch hier wieder stärker ein.

Die Canche unterbricht diese Dünenlandschaft. Der Fluss selbst liegt im steten Kampfe mit dem Sande, der seine Mündung verschliessen will und immer verschiebt. Nur durch Hilfe des Menschen kann er sich behaupten. Am Südufer beginnen sofort die Dünen und ziehen sich in abwechselnder Breite bis zur Baie d'Authie hin. Hier finden wir, gerade vom Ufer der Canche an, einen Wald. Seit 1837 hat man die im Lande liegenden Dünen aufgeforstet und so einen Kiefern- und Eichenwald von etwa 4 *qkm* erhalten, den Wald von Touquet. Der Forst beginnt erst 1 *km* vom Meere; vorher ist nur eine Grasnarbe, und am Strande selbst sind die Dünen noch in Bewegung. Da liegt auch, fast an der Spitze, das Seebad Paris-Plage. Bei ihm sind die Dünen gut gepflegt, durch Anpflanzung befestigt und haben auch den richtigen Steigungswinkel zum Meere zu. Dieser Dünensaum zwischen Paris-Plage und Berck ist etwa 15 *km* lang und 2—3 *km* breit. Hinter ihm finden wir Sümpfe und Sumpfland, ein Zeichen, dass der Abfluss zum Meere gesperrt ist. Von Berk bis zur Baie d'Authie verschmälert sich das Dünengebiet bedeutend, um an der Bai selbst als einfache Dünenreihe zu enden. So schmal, wie sie geendet, setzen die Dünen südlich der Baie d'Authie ein, und zwar mit einer mächtigen Düne, die, vom Winde immer bewegt, nicht mit einer grünen Decke sich überziehen kann und von ihrem blendenden Weiss den Namen dune blanche erhalten hat. Bald jedoch verbreitern sie sich und treten als einzelne Hügel oder als längere Ketten auf, um im Norden der Baie de Somme, bei St. Quentin en Tourmont, ein wahres Ringgebirge zu bilden. Diese Dünen rufen mit ihrer Höhe von 60—80 *m* den Eindruck mächtiger Berge hervor. Sie haben so anwachsen können, da die Bai der Somme sehr flach ist, und bei Ebbe ein Vorstrand von 6—7 *km* entsteht. Die Form wird durch die Winde hervorgerufen, die hier zwischen Südwest und Süd schwanken.

Die Karstpoljen von Westbosnien und der Hercegovina behandelte auf Grund eigener Forschungen Dr. Jovan Cvijić.[1]) Man

[1]) Abhdlg. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. **3.** No. 2.

versteht unter Karstpoljen ausgedehnte, geschlossene Karstmulden mit ebenem Boden; ihre Queraxe wird wenigstens zwei- bis dreimal von der Längsaxe an Grösse übertroffen, und in der Regel läuft letztere mit dem Schichtstreifen parallel. Sie treten nur in dislozierten Kalkgebieten jüngerer Gebirgssysteme auf. Hydrographisch zeichnen sie sich dadurch aus, dass ihr Boden regelmässig in mehrere Abflussgebiete zerfällt, und dass sie vorherrschend periodisch, zuweilen auch beständig inundiert werden, sehr selten trocken sind. Bisher kennt man sie: auf der Westhälfte der Balkanhalbinsel, auf den adriatischen und jonischen Inseln, in Kleinasien (Jaile), im Faltenjura und auf der Insel Jamaika (Interior Valeys). Ihre besten Formen befinden sich in Westbosnien und der Hercegovina. Viele insbesondere die Struktur betreffenden Eigenschaften der Poljen waren nicht genügend untersucht, und über die Entstehung der Poljen konnte nichts mit Gewissheit festgestellt werden. Bloss der Zusammenhang dieser Karstmulden mit den tektonischen Vorgängen, sodann ihre Ähnlichkeit mit Längsthälern der Alpen sind mit Bestimmtheit hervorgehoben worden.

Der Verf. beschreibt zunächst die von ihm gefundenen Eigentümlichkeiten der Poljen, so die Verebnungsflächen (péneplain im Sinne von W. Davis), Terrassen und Strandlinien, die trocken gelegten oberirdischen Abflüsse, wodurch die neogenen und diluvialen Seen der Karstpoljen abflossen, endlich Karstmulden (die »Uvala« in der serbischen Sprache von Bosnien-Hercegovina) von besonderer Gestaltung, die die Keimform der Karstpoljen darstellen, weiter eine Kette von Formen, die auf die Entwickelungsreihe eines Poljebeckens hinweisen.

Bezüglich aller von ihm besuchten Poljen wird das Detail der Beobachtungen mitgeteilt, und auf Grund dessen giebt Verf. zuletzt eine Darstellung der Entstehung derselben. »Die Poljen haben fast alle morphologischen Eigenschaften mit grössern Dolinen gemein, so dass in dieser Hinsicht kein tiefer Unterschied zwischen Poljen und Dolinen besteht; tiefe Dolinen haben zuweilen sogar auch jene besondern hydrographischen Verhältnisse, die den Poljen eigen sind. Zwischen diesen beiden Arten von Gebilden besteht also nur ein quantitativer Unterschied. Die vollkommene Gleichheit der Grundeigenschaften ist ein Beweis, dass auch ihre Entstehungsweise dieselbe ist. Die grosse Ähnlichkeit zwischen Dolinen und Poljen verleitete auch die Karstforscher, ihre Entstehung auf die nämliche Weise zu erklären. Bis vor wenigen Jahren herrschte noch die Ansicht vor, dass die Dolinen durch Einsturz der Höhlendecken entstanden seien, durch Einstürze in grossem Massstabe oder durch Reihen und Gruppen kleinerer Einstürze die Poljen. Jetzt steht es aber fest, dass die Dolinen Erosionsformen sind, da sehr selten solche vorkommen, die durch Deckeneinsturz entstanden sind; somit rühren auch die Poljen weder von grossen Einstürzen, noch von

Gruppen partieller Einstürze her. „Dann und wann tauchten auch Andeutungen auf, dass die Poljen Flussthäler sind, die in ihrer Entwickelung durch Karstvorgänge gehemmt und in Thalmulden umgewandelt wurden. Ob nun diese Ansicht auch einigermassen richtig ist, so ist sie weder genau, noch genügend. Wird ein Fluss in seiner Thätigkeit, ein Thal herzustellen, gehemmt, so entsteht ein blindes Thal, das sowohl nach seinen morphologischen als auch nach seiner hydrographischen Eigenschaften von einem Polje verschieden ist. Wäre die obige Voraussetzung richtig, so dürften im Karste überhaupt keine blinden Thäler, sondern nur Poljen vorkommen. Niemand hat die besondern Umstände festgestellt, noch festzustellen versucht, derentwegen ein durch Karstvorgänge gehemmter Fluss in einem Falle ein blindes Thal, in dem andern ein Polje schaffen würde. Das kann auch nicht festgestellt werden, da die Flusserosion allein zur Entstehung eines Polje nicht genügt.

Diese Theorien über die Entstehung der Poljen sind nicht genügend; um die spezifischen Eigenschaften der letztern zu erklären, besonders die Übereinstimmung der Längsaxe der Poljen mit dem Schichtstreichen, die grosse Breite der Bodenfläche, die eigenartigen hydrographischen Verhältnisse und mehrere selbständige Abflussgebiete in einem und demselben Polje, muss man von der Verwandtschaft ausgehen, die zwischen Dolinen und Poljen herrscht, insbesondere aber von den Karstmulden (die »Uvalas«), der Übergangsform, die die Verbindung zwischen Poljen und Dolinen herstellt.

Beinahe alle diese kleinen Karstformen hängen von dem Schichtstreichen und -fallen ab, weshalb sie oft in parallelen Zügen auftreten. Das sieht man an den Kalkgraten und kleinen Spornen im Karste, viel augenfälliger noch an den Dolinen. Diese treten in der Regel in Reihen auf, oft in mehrern parallelen Reihen, die dem Schichtstreichen folgen. Die Gestaltung dieser Dolinen ist eine Folge des Schichtfallens: sie sind asymmetrisch, da ihre Gehänge teils mit den Schichtflächen, teils mit den Schichtköpfen zusammenfallen.

Oft haben im Karste Reihen oder Gruppen von Dolinen eine gemeinsame Umrahmung, indem sie eine grössere Karstmulde darstellen, deren Boden von kleinen Dolinen bedeckt ist. Karstmulden oder Uvalas sind also grössere, breitsohlige Karstsenken, von unruhiger Bodengestaltung, besitzen also keine Ebene an der Sohle. Sie treten stellenweise so zahlreich auf und sind von solch einer grossen Bedeutung, dass sie die horizontale parallele Struktur, den Parallelismus der Grate auf den Karstrücken bewirken.

Die Karstmulden stellen die Übergangsform von Dolinen zu Poljen dar. Ihre Verwandtschaft mit den Dolinen ist augenscheinlich, mit den Poljen haben sie diese Haupteigenschaft gemein: ihre Längsaxe stimmt mit dem Schichtstreichen überein; sie unterscheiden sich von den Poljen dadurch, dass ihr Boden nicht eben ist, und

dass sie in der Regel jene besondern hydrographischen Verhältnisse entbehren.

Es giebt Karstmulden, die sich den Poljen noch mehr nähern. In diesen finden sich hier und da auch kleine Ebenen vor, durch die sich ein Bächlein von der Quelle bis zu seinem Ponor dahinschlängelt. Es sprudeln manchmal in ihren Dolinen Quellen hervor, und die Uvala wird inundiert, gleich den periodisch inundierten Poljen; von einem Polje unterscheidet sie sich dadurch, dass sie nicht jedes Jahr, sondern nur in sehr feuchten Jahren inundiert wird.

Die Karstmulden besitzen also die wichtigsten morphologischen Eigenschaften der Poljen, manche von ihnen auch die Anfänge der hydrographischen Verhältnisse; sie sind im Begriffe, Poljen zu werden, und es bleibt nur übrig zu erklären, wie an ihrer Sohle weite Flächen zur Entwickelung gelangen, und wie die bekannten hydrographischen Verhältnisse der Poljen darin entstehen.

Umgekehrt trifft man aber in den Poljen mannigfaltige Überreste an, die keinen Zweifel mehr aufkommen lassen, dass sie sich aus Karstmulden entwickeln. Es giebt Poljen, deren Bodenfläche zum grössten Teile die Eigenschaften einer Karstmulde aufweist, das heisst, sie ist nicht eben, sondern unter zahlreichen Dolinen, hat keine Flüsse, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse fehlen zumeist. Neben den flachen Partien des Polje befinden sich. zumeist an den Rändern etwas höhere, die durchaus die Charaktere einer Uvalasohle besitzen; solche rudimentäre Partien, die einen Beweis liefern, dass sich das Polje aus einer Karstmulde entwickelt hat, kommen fast in allen beschriebenen Poljen vor. Die grossen Poljen sind zumeist zusammengesetzt, sie bestehen aus mehrern Karstmulden (Uvala), die vollständig oder teilweise verwachsen sind.

Endlich treten an den Enden der Längsaxe aller Poljen dem Schichtstreichen folgende Karstsenken auf, die alle Eigenschaften der Uvalas haben und eigentlich augenfällig beweisen, dass im Karste in der Richtung des Schichtstreichens tiefe und weite Becken sich zu entwickeln streben.

Zwischen Karstmulden und Poljen besteht also der Unterschied, dass die lokale, an gewisse Linien beschränkte Denudation bei den erstern weniger, bei den letztern mehr fortgeschritten ist.«

Der Vorgang besteht nach dem Verfasser kurz in folgendem: »Sobald sich der Boden der Karstmulde bis zum Niveau des Grundwassers im Karste vertieft, verschwindet stellenweise die unruhige Bodengestaltung, es entwickeln sich Ebenen, und die bekannten hydrographischen Verhältnisse treten auf. Im Karste befindet sich aber in der Regel nicht ein einziges Grundwasser, es giebt oft mehrere solche in verschiedenen Niveaus, ausserdem ist auch das Niveau des obern Grundwassers nicht permanent; diese Eigenschaft, die für die weitere Vertiefung der Karstpoljen von grosser Bedeutung ist, werden wir später untersuchen. Wenn zwei bis drei

oder auch mehrere solche Karstmulden miteinander verwachsen, so entstehen zusammengesetzte Poljen, die oft aus zahlreichen selbständigen hydrographischen Becken bestehen, zwischen denen niedrige, noch nicht denudierte Querriegel liegen. Durch einen solchen Vorgang können auch jene Karstmulden erklärt werden, die in die Umrahmung des Polje noch nicht einbezogen, aber im Begriffe sind, mit dem Polje zu verwachsen.

Die Denudation wirkt weiter, weshalb eine solche Anzahl starker Quellen blossgelegt werden kann, dass an der Sohle Flüsse entstehen, die im Karste von Ponoren aufgeschluckt werden müssen. Anfangs muss in solchen Poljen der Zufluss des Wassers grösser als der Abfluss sein, da die Ponore noch nicht genügend erweitert sind. Ausserdem werden sie oft verstopft. Infolge dieser beiden Ursachen tritt der Fluss aus seinem Bette aus, schwankt an der Sohle des Polje auch weiter fort, indem er diese eben macht. Auf diese Weise entstehen an der Sohle eines Polje Verebnungsflächen, und zwar durch Flusserosion und durch Verebnungsarbeit der grossen Wassermassen der zeitweiligen Inundationen. Solche Verebnungsflächen sind zumeist felsig, aus Kalkstein, hier und da auch unter Dolinen, seltener mit Flussablagerungen, die an manchen Stellen der Sohle erhalten sind. Es giebt Poljen, die in diesem Zustande auch geblieben sind, ohne jemals Seen gewesen zu sein. Ihre Entstehungszeit lässt sich nicht mit Bestimmtheit feststellen, da sie auch in dem Neogen schon können geschaffen worden sein; die Mehrzahl solcher Poljen wird indessen wohl aus dem Postneogen herrühren.

Aus den letztern Ausführungen wird klar, dass die Flüsse in den Poljen eine sekundäre Erscheinung sind; sie gelangen zur Entwickelung, nachdem an den Karstmuldensohlen Ebenen entstehen, und die Uvalas in Poljen verwandelt werden.

Die durch Denudation entstandenen Verebnungsflächen sind also im Karste älter, höher und primär; echte Flussverebnungsflächen, die ausschliesslich an der Poljensohle erscheinen, sind jünger, niedriger und sekundär gegenüber den ersterwähnten.

Wenn sich aber durch Denudation und Flusserosion die Bodensohle so sehr senkt, dass mächtige Grundwasseradern zu Tage treten, und wenn überdies auch die klimatischen Verhältnisse derartig sind, dass in den Poljen das bekannte Verhältnis eintritt, wonach der Zufluss stärker ist als der Abfluss durch Ponore und die Verdampfung — dann verwandeln sich solche Poljen in Seen. Die Mehrzahl der Karstpoljen von Bosnien und der Hercegovina waren in dem Neogen und zu Anfang des Diluviums Seen. Ihre ebene Bodenfläche besteht aus Seesedimenten und ist durch Seeabrasion geebnet. In manchen Poljen oder um sie her werden alle (drei) Arten von Verebnungsflächen angetroffen; ihre einzelnen Partien haben verschiedene Entwickelungsgeschichten.«

Über die Vernichtung der Poljen spricht sich Verfasser wie folgt aus. Zu Ende des Neogens und im Diluvium waren Bosnien und die Hercegovina see- und gletscherreiche Gebiete. Es befanden sich da so viele grosse Seen, dass mit ihnen in dieser Hinsicht heute nur die Alpen verglichen werden könnten. Diese Seen verschwanden zu Ende des Diluviums, auch die Inundationen oder die heutigen periodischen Seen nehmen fortwährend an Höhe ab. Die Verkarstung ist die Ursache dieser Erscheinung. Das Grundwasser tritt im Karste nicht als eine grosse Fläche auf, wie in einem undurchlässigen Terrain, sondern ist in subterrane Flüsse und Bäche zersplittert, die durch Höhlengänge ihren Lauf nehmen. Die Karstpoljen sind Vertiefungen, in denen diese unterirdischen Flussläufe an einer Stelle auftreten, um an der andern wieder zu verschwinden. Zahlreiche Beispiele lehren, dass in den Betten unterirdischer Karstflüsse Ponore entstehen, und jene sich in tiefere Niveaus hinabsenken, indem sie hier neue Höhlengänge und neue Betten herstellen. Auf diese Weise vermindert sich die Wassermenge, die den Karstpoljen zufliesst, so dass in diesen die Inundationen immer geringer und seltener werden. Es müssen selbstverständlich jene Inundationen ausgeschieden werden, die ab und zu infolge Ponorenverstopfung eintreten; das sind zufällige, vergängliche Erscheinungen, durch die der allgemeine Verkarstungsverlauf nur zeitweise gestört wird. Dieser letztere besteht in einer allmählichen, aber ununterbrochenen Trockenlegung der Poljen, die durch Senkung der unterirdischen Wasserläufe in tiefere Niveaus verursacht wird.

Eine auffallende Erscheinung ist auch die geographische Verbreitung der Poljen in Bosnien und der Hercegovina, sowie in dem übrigen Karste der Westhälfte der Balkanhalbinsel. In der Nähe von Flüssen, z. B. der Narenta, Piva und Taza, kommen sie nicht vor, obwohl sie im Thale der Narenta vorhanden waren. Im obern Flussgebiete der Narenta befinden sich kleine Poljen, die von Zuflüssen der Narenta halb eröffnet sind oder im Begriffe stehen, eröffnet zu werden. Schon die Thatsache aber, dass sich in der Nähe des Flussgebietes der Narenta keine Poljen befinden, obwohl Bedingungen zu ihrer Entwickelung vorhanden sind, lässt irgendwelche Ursache vermuten, wodurch sie vernichtet wurden. Durch die rückschreitende Erosion, sowie durch Erosion ihrer unterirdischen Wasserläufe, setzen die Zuflüsse der Narenta ihre Thäler rückwärts fort, indem sie in das Flussgebiet der Narenta die Karstdepressionen hineinziehen. Aus dieser Ursache sind viele Poljen an der Narenta verschwunden, und dieser Vorgang nimmt auch weiterhin seinen Verlauf.

Össbildungen in Ehstland. Wie Baron N. Kaulbars mitteilt[1]) und durch eine Karte erläutert, existiert nördlich vom Peypus-

[1]) Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. **44.** p. 29.

see eine Landschaft, in welcher auf einer verhältnismässig nicht grossen Fläche eine ganz ungeheure Anzahl Össe von allen möglichen Längen, Höhen und Formen, gedrängt neben und durcheinander stehen. Viele davon besitzen ganz merkwürdige und im höchsten Grade interessante Formen, die gewöhnlichen Hügellandschaften nicht eigen sind, die aber ihrerseits den unumstösslichen Beweis liefern, dass wir es hier mit den Überresten eines durch nachträgliche Erosion vielfach veränderten und dennoch in seinen Hauptgrundzügen erhaltenen subglazialen Flussdeltas zu thun haben. »Jeder,« sagt Verf., »der diese Gegend besucht, wird staunen, wenn er zwischen den Ortschaften Luga und Immato auf einer Fläche von kaum 25 *qkm* einen labyrinthartig geformten Össarchipel vor sich sieht, dessen einzelne 41 Hügelketten steil und schroff, viele bis zur Höhe von 30—50 *m*, unvermittelt und ohne Zusammenhang unter einander aus dem sie umgebenden Sumpfe aufsteigen, ein Bild, das unvergesslich ist und sich kaum wo anders wiederholen dürfte.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass die ganze Gegend ein fast ununterbrochenes Torfmoor ist, innerhalb dessen sich der Hauptfluss, sowie die Nebenarme seines Deltas mit allen ihren vielen Abzweigungen erhalten haben. Offenbar ist ein Teil des Hauptflusses von NO nach SW quer durch die ganze Gegend unter dem Eise geflossen. Von ihm zweigten nach beiden Seiten Flussarme ab, deren Spuren sich besonders nach Süden am besten und in grosser Zahl erhalten haben. Die ausgedehnten Sumpflandschaften, die sich in dem südöstlichen Teile des Gouvernements Ehstland ausdehnen, sind nicht überall ein undurchdringlicher, nasser Sumpf, wie es der Anblick der Karte glauben machen könnte. Allerdings sind nasse Stellen hier noch zahlreich, besonders in der Nähe der vielen kleinen Seen; in deren Umgebung oft die Bildung der gefährlichen sogenannten schwimmenden Moosdecke auftritt; dennoch ist die bedeutend grössere Fläche dieser Moore eine fast trockene Torfmasse, deren Oberfläche von einer zwei Fuss und darüber dicken Sphagnumschicht bewachsen ist, die, obschon trocken das Gehen auf einem so weichen, oft bis an das Knie hinaufreichenden Polster sehr erschwert.«

Geodätische Arbeiten und geophysische Forschungen in Ostafrika haben im Auftrage der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen Dr. E. Kohlschütter und Hauptmann Glauning ausgeführt. Erster berichtete darüber auf dem 13. Deutschen Geographentage.[1]) Solange in Ostafrika eine allgemeine Landesvermessung noch nicht vorgenommen worden ist, wird die Kartographie nur auf astronomische Anhaltspunkte angewiesen sein, die infolge der bedeutenden in Ostafrika vorkommenden Lotstörungen mit erheblichen Fehlern behaftet sein können, wie Kohlschütter am Nordende des

[1]) Allgem. Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde Berlin 1901. p. 308.

Nyassa festgestellt hat. Für die jetzige Kartographie konnten infolge der vorzüglichen instrumentellen Ausrüstung grundlegende Ergebnisse gewonnen werden und auch die Detailforschung durch eine mit dem Messtische aufgenommene und daher sehr zuverlässige Karte eines Teiles des Livingstonegebirges bereichert werden. Die Hauptarbeiten der Expedition waren die Schweremessungen, wobei es die besondere Aufgabe der Expedition war, die Störungen der Schwerkraft in den grossen, Ostafrika durchziehenden Grabensenken festzustellen. Die Expedition legte zahlreiche Pendelstationen an. Ihre Arbeiten erstreckten sich vom Nyassa-See bis zum Tanganyika-See, ausserdem auf Gebiete zwischen dem Victoria-Nyansa und dem Kilima-Ndscharo und südlich desselben. Dabei wurden interessante Beobachtungen über den Verlauf und die Ausdehnung einiger noch wenig bekannter Grabeneinbrüche und über das Durchschneiden älterer Gräben durch jüngere gemacht. Auch für die Erforschung des Erdmagnetismus hat die Expedition zahlreiche Ergebnisse gezeitigt.

Die ägyptisch-arabische Wüste. Zwischen dem Nil und dem Roten Meere in Ägypten breitet sich ein wasserarmes, unfruchtbares Gebiet aus, welches man mit dem Namen die ägyptisch-arabische Wüste bezeichnet. Es wird von nomadisierenden Beduinen bewohnt, die teils mit ihren kleinen Ziegenherden ein kümmerliches Dasein fristen, teils mit Kamelen den Handelstransport zwischen dem Nil und der Küste betreiben. Dieses Gebiet ist im Frühlinge 1897 von E. Fraas geologisch durchforscht worden, der im Auftrage einer ägyptischen Gesellschaft das Gebiet auf der Linie Keneh-Kosseir untersucht hat zur Klarlegung der Frage, ob ein Eisenbahnbau auf dieser Strecke ausführbar sei. Über die Ergebnisse seiner geologischen Untersuchung hat er nun berichtet.[1]) Das erwähnte Gebiet ist hiernach topographisch und dementsprechend auch geologisch charakterisiert durch einen mächtigen Gebirgszug von ältern, zum Teil krystallinischen Gesteinen, welcher von Süd nach Nord streicht und den nördlichen Ausläufer der Gebirgsgegend des Etbai bildet. Während aber noch im Süden bei Assuan, ebenso wie weiter südlich die krystallinen Gesteine bis zum Nilthale reichen und den ganzen breiten Strich zwischen dem Nil und Roten Meer einnehmen, wird der Gebirgszug im weitern Verlaufe nach Norden schmaler und erscheint mehr gegen Osten gedrängt, bis er schliesslich am Kloster St. Paul in der südlichen Gallala-Wüste sein Ende erreicht. Zwischen diesem Streifen älterer Gebirgsarten und dem Nil einerseits breitet sich ein weites Wüstengebiet aus, das aus den jüngern Formationen der Kreide und des Eocäns aufgebaut ist, ebenso wie anderseits im Osten zwischen der Küste und dem Gebirge ein schmales Band jüngerer Schichten übrig geblieben ist, aus welchem nur vereinzelte Höhen und Gebirgskämme des ältern Gebirges aufragen.

[1]) Zeitschr. d. Deutschen Geologischen Gesellschaft 52. p. 569 ff.

Die geologischen Ergebnisse seiner Reise hat Fraas in einer Kartenskizze und einem Querprofil vom Nil zum Roten Meere zum Ausdrucke gebracht, wodurch ein klares allgemeines Bild von dem Aufbaue der Schichten zwischen Nil und Rotem Meere dem Auge vorgeführt wird. Das zentrale Gebirge hebt sich scharf von den angelagerten jüngern Formationen ab, die im Westen als breites Tafelgebirge sich bis zum Nilthale ausbreiten und jenseits desselben ihre Fortsetzung in dem Plateau der Libyschen Wüste finden. Im Osten dagegen ist die Zone von Kreide und Tertiär nicht nur viel schmäler, sondern auch noch durch Längsverwerfungen gestört, welche es mit sich bringen, dass zwischen den einzelnen Kalkzügen wiederum altes, meist krystallinisches oder vulkanisches Grundgebirge hervortritt.

Die jüngsten Bildungen dort sind die Wüstenbildungen mit ihren verschiedenen Wirkungen und Erscheinungen. Der Unterschied zwischen dem Gebirgslande und dem Tafellande prägt sich auch in ihnen aus, ganz abgesehen von der Physiognomie der Landschaft, denn diese ist nicht von den rezenten Bildungen, sondern von dem Gesteinscharakter und der Natur des Kettengebirges im Gegensatze zum Tafelgebirge abhängig. Fraas hat vorwiegend die Anhäufung in den Thälern, d. h. das eigentliche Alluvium, im Auge. »Dieses,« sagt er, »ist in den Gebirgsthälern ausserordentlich schwach entwickelt, und gar nicht selten sehen wir den blanken Felsen in der Thalsohle anstehend. Insbesondere fehlt der eigentliche Sand; wohl ist meist das Thalbett im Gebirge mit feinem Grusse gleichsam glatt gestrichen, aber dieser Gruss hat nur ganz geringe Mächtigkeit und lässt allenthalben das grobe darunter liegende Geröll oder den anstehenden Felsen erkennen. Während die Gerölle vielfach aus weiter Ferne stammen und den Transport durch momentane Wildwasser nicht verleugnen, schmiegt sich der feine oberflächliche Sand, dessen Abtragung dem Winde zuzuschreiben ist, der nächsten Umgebung an. In dem Granitgebiete von Fachura wird die Thalsohle von rötlichem, feinstem Granitgrusse mit Quarz, Glimmer und zersetztem Feldspate bedeckt, in dem Hamamat ist ein grünlichgrauer Quarzsand als Verwitterungsprodukt der Grauwacken angehäuft, in dem Schiefergebirge sind es feine Schuppen von Phyllit oder Thonschiefer, welche den Sand bilden, ebenso wie sich in dem Bedathale die Sandsteine, Kalke und Thone der jüngern Sedimente geltend machen. In all diesen Gebirgsthälern kommt dem Winde nur eine ganz untergeordnete Bedeutung in Bezug auf den Materialtransport zu, das Schwergewicht fällt dem Wasser zu, das von Zeit zu Zeit in Wildbächen das Thal durchbraust und gleichsam ausfegt. Anders in dem Tafelgebirge mit seinen breiten Wadi. In den weitausgedehnten Hochplateaus und den zuweilen viele Kilometer breiten, flachen Thalmulden findet das Wasser nur wenige Angriffspunkte für die erodierende Thätigkeit; im Gegenteile gelangen hier die aus den Gebirgen geförderten Gesteinsmassen zum Absatze, und es entsteht mehr

eine Aufschüttung als Abtragung durch das Wasser. Umsomehr macht sich aber hier der Winde geltend, welcher in den breiten Flächen seine volle Kraft entfalten kann. Hierzu kommt noch das zur Wüstenbildung ganz besonders geeignete Gesteinsmaterial des Nubischen Sandsteines, welcher, durch Insolation gelockert, allmählich zu Sand zerfällt und vom Winde abgeblasen wird. Trotzdem muss es auffallen, wie gering die Transportfähigkeit des Windes dem Sande gegenüber ist; wir beobachten nämlich, dass die typische Sandwüste fast genau zusammenfällt mit dem Verbreitungsgebiete des Sandsteines, und dass die Verwehungen über dieses Gebiet hinaus nur ganz untergeordnet sind. So waren z. B. am Wadi Qasch die äussersten Spuren von verwehtem Sande nur 5 *km* von dem anstehenden Sandsteine entfernt, und ebenso machte sich bei Laketha sofort der thonige Untergrund in einer Änderung der Wüste geltend, welche einen lehmigen Charakter annimmt. Im ganzen Wadi abu Wásel von Laketha bis zum Nil haben wir eine ausgesprochene Kieswüste.«

Spuren einer ehemaligen Vergletscherung hat Fraas in dem ganzen zentralen Gebirge nicht entdecken können. Er kommt zu dem Ergebnisse, dass an der Küste des Roten Meeres in einer Erstreckung von über zwei Breitengraden mächtige Spaltenlinien entlang laufen, welche zur Bildung von Kettengebirgen führten.

Die Ablagerungen von jungem Korallenkalke auf der geneigten Ostseite der Gebirge macht es ihm zweifellos, dass hier Hebungen stattgefunden haben, und zwar in der Art, dass jeweils der der Küste abgekehrte Teil des Gebirges am meisten gehoben wurde, der östliche dagegen weniger, wodurch das Bild eines Staffelbruches mit geneigten Schichten entsteht. Die Höhe der Erhebungen ist eine ganz bedeutende, denn Klunzinger traf den Riffkalk noch in Höhen von ca. 800 Fuss (250 *m*) an, und auch im Wadi Ambage beträgt die Sprunghöhe der Verwerfung mehr als die Gesamtmächtigkeit von Kreide und Eocän.

Sehr wichtig ist ferner der Schluss, dass die Bildung der Kettengebirge entlang der Küste des Roten Meeres in die jüngste geologische Periode fällt und wahrscheinlich noch heute fortdauert. »Die Übereinstimmung dieser Verhältnisse,« sagt Fraas, »mit der von Walther an der Ostseite des Roten Meeres auf der Sinaihalbinsel beobachteten Lagerung des alten Riffkalkes ist in die Augen springend, und ebenso stimmt mit der Annahme einer negativen Strandverschiebung an der Küste die Ausbildung der heutigen Korallenriffe überein. Übertragen wir die Resultate auf die Bildung des Roten Meeres, so hätten wir zunächst einen Einbruch anzunehmen, der mit dem Mittelländischen Meere in Verbindung stand, und welcher in die mittlere Pliocänzeit zu verlegen wäre. Auf diese Zeit der Senkung folgte eine Periode der Hebung der Küste, welche zum Teil noch bis in die Jetztzeit reicht. Diese zweite Periode war es wohl auch,

welche die Verbindung mit dem Mittelländischen Meere abschnürte, so dass die Fauna allmählich ganz den Charakter des Indischen Ozeans annahm.«

Die Gesetze der Wüstenbildung sind von J. Walther durch vergleichende Studien in der alten wie in der neuen Welt klargelegt worden. Wahnschaffe giebt über die von Prof. Walther in seinem grossen Werke[1]) niedergelegten Ergebnisse seiner Forschungen folgende lichtvolle Übersicht.[2])

Einer der wesentlichsten Charaktere einer Wüste ist die in der Regenarmut begründete Abflusslosigkeit des von ihr eingenommenen Gebietes. Die hier herrschenden klimatischen Verhältnisse bedingen es, dass selbst geringe Wassermengen eine grosse Arbeitsleistung aufweisen können. Ein Vorgang, welchen der Verfasser als »trockene Verwitterung« bezeichnet hat, erfolgt zwar auch ohne Mitwirkung von Wasser durch die bedeutenden Temperaturschwankungen; doch ist dabei auch die Wirkung starker Salzlösungen in Betracht zu ziehen, unter deren Einfluss die Gesteine im Innern mürbe werden, während sich durch besondere Vorgänge die äussere Gesteinsrinde erhärtet. Durch die Lösungen werden die Gesteine auf chemischem Wege erweicht und dann beim Auskrystallisieren der Salze in den Kapillaren mechanisch zertrümmert. Die Bildung der braunen, oft nur Bruchteile eines Millimeters betragenden Schutzrinde der Gesteine gehört zu den charakteristischsten Erscheinungen eines regenarmen Klimas. Sie besteht entweder aus fast reinem Eisen- oder Manganoxyd oder aus beiden Oxyden in allen Mischungsverhältnissen. Auch die rote Färbung mancher äolisch aufbereiteten Dünensande wird als Schutzrindenbildung aufgefasst, indem der geringe Eisengehalt der Sandkörnchen durch eindringende Salzlösungen gelöst, bei der starken Erhitzung kapillar bis zur Oberfläche heraufgesaugt wurde und sich dort bei der Verdunstung ausschied. Die physikalische, durch die Sonnenstrahlen bewirkte Verwitterung beruht auf den grossen Temperaturschwankungen, denen der Erdboden und die Gesteine bereits im Laufe eines Tages ausgesetzt sind. In Transkaspien wurden Temperaturunterschiede von mehr als 50° C. innerhalb weniger Stunden beobachtet. Eine Folge davon ist die eigentümliche Abschuppung (Desquamation) der Gesteine und die durch die rasche Abkühlung bewirkte Radialspaltenbildung derselben.

Die grossen Massendefekte an Gesteinsmaterial und die eigentümlichen Reliefformen der Wüstengebiete werden vom Verfasser im wesentlichen auf die Abwehung, Deflation, zurückgeführt, die theoretisch von der abschleifenden Wirkung des vom Winde getriebenen Sandes, der Korrasion, wohl zu unterscheiden ist. Als Wirkungen der Deflation erkennt man an den Gesteinen die Felsentaschen, die Bienen-

[1]) Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit. Berlin 1900.
[2]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde 1901. p. 194.

wabenstruktur, die Steingitter, Steinzapfen, Hohlblöcke, Hohlkehlen, Säulengänge und Pilzfelsen. Die felsige Gebirgswüste stellt den Anfang eines Vorganges der Wüstenbildung dar, der in der ebenen Wüste, für welche die Hamada oder Sserir-Wüste ein typisches Beispiel bietet, ihren Abschluss findet. Der Landschaftscharakter der Wüsten in ihren Anfangsstadien und allen ihren Zwischengliedern ist durch das Auftreten von Bergen und Thälern ausgezeichnet, deren topographische Unterschiede durch die Wüstenkräfte immer mehr ausgeglichen werden und allmählich ganz und gar verschwinden. Die Eigentümlichkeit der Wüstenthäler oder Wadis mit ihrem ungleichmässigen und vielfach unterbrochenen Gefälle sind zum Teil auf die Wirkungen der Deflation zurückzuführen. Einzelne plötzliche und selten auftretende Wolkenbrüche schaffen das sehr locker aufgehäufte Verwitterungsmaterial in grossen Massen aus den Thälern heraus, und in den langen regenlosen Zwischenperioden besorgt die trockene Verwitterung und Deflation die weitere Ausgestaltung der vielfach verzweigten Schluchtenthäler. Aus einem von Schluchten zerschnittenen Plateau gehen schliesslich durch die Zirkumdenudation die in der Ebene liegenden Zeugenberge hervor. Auch die Depressionen, in denen die Oasen gelegen sind, sind der Hauptsache nach ein Produkt der Deflation.

Verschiedene Beobachtungen bestätigen die Ansicht, dass die Wüste im allgemeinen regenärmer ist, als dies die meteorologischen Beobachtungen in den bewohnten Oasen vermuten lassen. Da die Regenmenge eines Gebietes in der Höhe des Grundwasserspiegels ihren Ausdruck findet, so muss naturgemäss in den regenarmen Wüstengebieten das Niveau desselben verhältnismässig tief unter der Erdoberfläche liegen. Die geringe Menge der atmosphärischen Niederschläge bedingt den Salzreichtum der Quellen. Aus dem Vorkommen von Kalksinterablagerungen in der Wüste ein früher in diesem Gebiete vorhandenes regnerisches Klima ableiten zu wollen, erscheint dem Verfasser unberechtigt, da gerade durch die Wirkung des Wüstenklimas aus den vom Gesteine heraussickernden und eindampfenden Lösungen sich Kalksinter abscheiden müssen. Hier ist die Länge eines Wasserlaufes stetigen Schwankungen unterworfen, oder er kann auch in langen Trockenperioden völlig wasserleer werden. An der Ausmündung steilwandiger Trockenthäler in die Wüstenebene finden sich meist ausgedehnte Trockendeltas, oft aus grobem, eckigem Gerölle mit grossen exotischen Blöcken bestehend. Der Transport der letztern lässt sich beispielsweise am Südrande der Wüste Gobi durch Grundeis sehr wohl erklären, da sich dort die Böden der Flussbetten in ihrer ganzen Breite im Winter mit Eis bedecken.

Die Wüste ist ein völlig undrainiertes Gebiet, und so sammeln sich infolgedessen bei jedem Wolkenbruche die Wasser in den Depressionen der Wüstenebene oder in den Einsenkungen der Trocken-

thäler. Das Regenwasser löst die nach lange vorhergehender Trockenheit überall an der Oberfläche ausgeblühten Salze schnell auf und wird auf diese Weise zu einer Salzflut. Der Wasserstand der in den flachen Depressionen sich bildenden abflusslosen Wüstenseen wird durch Zufluss, Versickerung und Verdunstung bestimmt. Die durch periodische Zuflüsse gebildeten Binnenseen entstehen und verschwinden periodisch. Bei dem abflusslosen Binnensee Caspi strömt während des ganzen Jahres das Seewasser durch einen schmalen Kanal in die abgeschnürte Bucht des Adschi-darya. Bei der starken Verdunstung entsteht in demselben eine Reihe von Salzstöcken und Gipslagern, die sich den Sedimenten dieses Binnensees auflagert und durch hineingewehten Dünensand von Sandsteinbildungen überlagert wird, ohne dass dabei eine Hebung und Senkung des Landes oder ein Oszillieren des Ozeans in Frage kommt.

Der Vegetationscharakter der Wüste wechselt nach Ort und Zeit; pflanzenarme und pflanzenleere Flächen sind durch allmähliche Übergänge miteinander verbunden. Die Wüstenpflanzen sind dem Klima angepasst und schützen sich auf verschiedene Weise gegen die starke Sonnenbestrahlung und Verdunstung, so dass beispielsweise ein Echinokaktus die denkbar grösste Pflanzenmasse in die kleinste verdunstende Fläche einschliesst. In den Ablagerungen der Wüste werden im allgemeinen wenig Pflanzenreste konserviert, nur in den Seen bilden sich im Liegenden der Salz- und Gipslager bituminöse Ablagerungen.

Die Tierwelt der Wüste besteht aus endemischen Formen und wandernden Durchzüglern. Der Umstand, dass beispielsweise in Transkaspien die überschwemmten und mit thoniger Rinde bedeckten Ebenen schnell austrocknen und allerlei Tierfährten dadurch konservieren, dass die Hohlabdrücke mit Dünensand ausgefüllt werden, führt den Verfasser zu der Ansicht, eine analoge Entstehung der Tierfährten für die Chirotherienschichten der Buntsandsteinformation anzunehmen.

In den abflusslosen Depressionen entstehen Konglomerate von grosser Ausdehnung, deren Bildungsweise und Struktur analoge Ablagerungen älterer Formationen zu erklären gestattet. Eine felsige Landschaft kann durch Deflation derartig eingeebnet werden, dass nur noch eine dünne Decke härterer Gesteinselemente dem festen anstehenden Gesteine auflagert. Beispiele dafür bieten die steinigen Libyschen Kieswüsten und die Hamada. Von ganz anderer Beschaffenheit und Entstehung sind die Kiesebenen, die von Gebirgen umschlossen werden, wie sie bespielsweise in Nordamerika, in Turkmenien und am erythräischen Ufer der Sinai-Halbinsel auftreten. Hier sind in den tiefen Depressionen mächtige Schichten von Sand, Thon, Kies, Schotter und Löss abgelagert worden, die bei einer Bohrung an der transkaspischen Eisenbahn bei 665 m noch nicht durchsunken wurden.

Beobachtungen am Amu-darya haben ergeben, dass dieser Fluss in 20 Jahren etwa 1 km nach rechts sich verschiebt. Da nun sein Schlammabsatz infolge der starken Verdunstung seines Wassers ausserordentlich gross ist, so kann auf diese Weise mit der Zeit eine transgredierende Süsswasserbildung von ausgedehnter Fläche entstehen.

Der Dünensand in abflusslosen Wüstengebieten kann aus verwittertem Sandsteine, aus einwandernden Meeresdünen, aus windgereinigtem Flussschlamme, aus Binnenseeschlamme, aus der Verwitterung quarzhaltiger Sedimente und aus dem Zerfalle grobkrystalliner Gesteine hervorgegangen sein. Beobachtungen in Transkaspien haben Walther dazu geführt, die Bogendünen oder Barchane als den normalen Typus bei der Entstehung der Dünen anzusehen, aus dem alle übrigen Formen abgeleitet werden können.

Die Wüsten besitzen infolge der Wirkung des Windes keine Decke von Verwitterungsboden, obwohl die physikalische und chemische Verwitterung dort in hohem Masse wirksam sind. Der Wind transportiert grosse Mengen feinsten Staubes und hebt ihn bis zu grossen Höhen empor. Die Dünensande der Sandwüste Karakum sind durch Auswehung und Fortführung des thonigen Amudarya-Schlammes entstanden, der kaum $^1/_3$ sandige Bestandteile enthält. Grenzt an ein Wüstengebiet ein Steppenland an, so wird durch die Vegetation desselben der Staub festgehalten und als Löss abgesetzt.

Mit dem Transporte des Salzes durch Wasser und Wind ist die lokale Anreicherung verschiedenartiger Salze in den abflusslosen Gebieten der Wüste aufs engste verknüpft. Die Ausscheidung der Salze erfolgt durch den Umstand, dass die Verdunstung stärker ist als die Wasserzufuhr, auch wird sie dadurch begünstigt, dass wandernde Dünen die flachen Seen zuschütten. Die verschiedenen Vorgänge der Salzablagerung in den Wüsten werden vom Verfasser sehr eingehend besprochen, wobei er mit Recht hervorhebt, dass derartige Salzausscheidungen bisher nirgends in ozeanischen Becken beobachtet worden sind, und dass namentlich die Auskrystallisation verschiedener leicht löslicher und an der Luft zerfliessender Mutterlaugensalze nur unter den in Wüstengebieten vorhandenen Bedingungen möglich ist. Bei dem Problem der Bildung fossiler Salzlager sind die heutigen Vorgänge in den Wüstengebieten sehr zu berücksichtigen.

Aus dem reichen Inhalte des vortrefflich ausgestatteten Buches konnte nur einiges hier hervorgehoben werden. Die Lektüre desselben bietet ausserordentlich viel Anregung. Walther hat es verstanden, die zahlreichen Beobachtungen, die er selbst auf mehrern Reisen in verschiedene Wüstengebiete gemacht hat, und die Ergebnisse anderer Forscher zu einem fesselnden Gesamtbilde zu vereinen, indem uns an der Hand ausgezeichneter Abbildungen alle cha-

rakteristischen Eigentümlichkeiten der Wüste klar und scharf entgegentreten. Mag man auch seinen Schlussfolgerungen nicht in allen Punkten zustimmen und seine Auffassungen über die Buntsandsteinformation als einer Wüstenbildung für zu weitgehend betrachten, so verdienen doch seine Ausführungen bei der Beurteilung der ältern Formationen in vollem Masse berücksichtigt zu werden. Walthers Verdienst ist es, die Wüstenbildung als einen wichtigen geologischen Faktor geschildert zu haben, der auch in den ältern Epochen unserer Erdgeschichte in demselben Masse wirksam gewesen ist, wie heutzutage.

Geomorphologische Studien aus Ostasien. F. v. Richthofen hat im Anschlusse an seine frühere Arbeit[1]) und zur erweiterten Behandlung der dort gestellten Aufgaben die Küsten des ostasiatischen Vorlandes einer geomorphologischen Betrachtung unterzogen. Die Ergebnisse und Folgerungen, zu welchen er durch seine zum Teil allerdings hypothetischen Betrachtungen kommt, werden von ihm [2]) wie folgt zusammengefasst:

A. Morphologische Verhältnisse.

a) Der Reihe bogenförmiger, nach SO konvexer Randzonen von Landstaffeln, welche das kontinentale Ostasien von der Tschuktschen Halbinsel bis in das nordwestliche Tongking durchziehen und entlang der ganzen Linie durch Absinken des östlich angrenzenden Erdrindenstückes charakterisiert sind, folgt seewärts eine zweite Reihe homolog gestalteter Bogengebilde, welche die ozeanische Grenze Ostasiens bilden. Die ostwärts benachbarten Teile des von ihr niedergebrochenen Erdrindenstückes liegen im Boden des Meeres. An der Stanowoiküste fallen beide Bogenreihen zusammen; denn das Meer reicht bis an die Absenkungsbrüche der binnenständigen Reihe hinan. Die die Festlandsgrenze bildenden randständigen Glieder der zweiten Reihe beginnen am Kap St. Alexander, in 54° 15′ N, und endigen am Kap St. Jacques, in 10° 40′ N. Die aus dem Meere aufragenden Inselbogen gehören in die noch jenseits derselben untermeerisch fortsetzende Gesamtanlage der ostasiatischen Absenkungen hinein, können aber an gegenwärtiger Stelle nur nebensächliche Erwähnung finden.

b) Nimmt man zum Anhalte der Betrachtung die auf den Landkarten dargestellte Küstenlinie, als eine den Abfall der einzelnen Staffeln umziehende Isohypse, so zeichnet sich in ihr auf das schärfste ebenso die allgemeine Gestalt, wie jede Einzelabweichung von ihr. Ausserdem lässt sie die Küstenskulptur im Meeresniveau erkennen. Vier grosse Küstenbogen treten deutlich hervor. Sie wurden bezeichnet als: der tungusische, der koreanische, der chinesische, der annamitische. Der dritte und vierte sind völlig geschlossen; der erste hat eine kleine, durch örtlichen Einbruch zu erklärende Lücke; der dritte ist nur in einem Fragmente erhalten, wir wagten ihn hypothetisch durch Interpolation nach dem durch die binnenständigen und die Küstenbogen vorgezeichneten Schema zu ergänzen.

c) Die lineare Gestalt jedes einzelnen dieser Küstenbogen nähert sich ungleich mehr der Kreisform, als dies bei den Binnenlandstaffeln der Fall ist. Bei jeder von den letztern liessen sich zwei gestreckte, bogenförmig miteinander verbundene Schenkel erkennen die als Meridional- und Äquatorialschenkel gesondert betrachtet werden konnten. Vom Aldangebirge bis Yünnan waltet ein annähernder Parallelismus dieser beiden Elemente insofern, als die meridionalen Strecken der mittlern Richtung NNO folgen,

[1]) Dieses Jahrbuch 11. p. 154.

[2]) Sitzungsber. d. K. preuss. Akad. 1891. p. 801 u. ff.

die äquatorialen von der sinischen Richtung, WSW-ONO, beherrscht werden. Bei den Küstenbogen können der Analogie wegen die gleichen Bezeichnungen beibehalten werden, aber mit der Einschränkung, dass geradlinige Küstenstrecken von mehr als 200 *km* Länge selten sind, indem die seewärts konvexe Krümmung sich in allen Teilen geltend macht; ferner auch mit der Einschränkung, dass jeder einzelne Küstenbogen eine viel grössere Selbstständigkeit bezüglich der Lage zum Meridian, d. h. der Himmelsrichtung seiner Anfangs- und Endstrecke, hat. In Form und in Lage zum Kontinente sind die Bogen nicht gleich. Man kann sie nach beiden Gesichtspunkten in zwei Gruppen teilen; denn homolog gestaltet sind der tungusische und der chinesische Bogen einerseits, der koreanische und annamitische Bogen anderseits. Die beiden erstern stellen, wenn man die Gesamtgestalt von Ostasien ins Auge fasst, zusammen mit dem grossen Doppel-Stanowoibogen, die grundlegenden Umrisslinien des Kontinentes dar, während die beiden andern, zusammen mit Kamtschatka, aus dem Rumpfe ausspringende Halbinseln umgürten. Dieses Verhältnis ist noch rätselhaft und soll hier ausser Acht gelassen werden, wie auch Kamtschatka und der südöstliche Vorbau des Nord-Stanowoi wegen ungenügender Kenntnis ihres Baues nicht in die Betrachtung gezogen werden.

d) Das Gelbe Meer ist die seichte Überspülung einer innerhalb der beiden nördlichen Küstenbogen gelegenen Scholle, welche etwas stärker herabgesenkt ist, als die andern Teile der früher als maritim bezeichneten Stufe Ostasiens.

e) Die allgemeine Gestalt der nördlich vom Tsin-ling-schan gelegenen binnenländischen Landstaffeln, welche durch das allmähliche Ansteigen der umschlossenen Landfläche nach einem darüber erhobenen Rande und den kürzern, wahrscheinlich auf Staffelabsenkungen beruhenden Abfall nach aussen bedingt wird, wiederholt sich in der tungusischen und koreanischen Randstaffel. Die randliche Aufbiegung fehlt dem chinesischen Bogen, dagegen ist sie im meridionalen Teile des annamitischen vorhanden.

B. Beziehungen der Bogenlinien zum kontinentalen Baue.

a) Bezüglich grosser Grundzüge im kontinentalen Baue wrd auf die Bemerkungen in der ersten Abhandlung verwiesen. Von Interesse und Bedeutung würde die Kenntnis der Lage der verlängerten Zone des Tsinlinggebirges sein, da sie eine wichtige Scheide im Gebirgsbaue des Nordens und des Südens von ganz Ostasien ist. Der grosse Gebirgsstamm bricht in ungefähr $113^1/_2{}^0$ O ab, erscheint wahrscheinlich wieder im Hwaigebirge, ist aber von einer noch nicht erkennbaren Grenze an abermals herabgesenkt. Schwemmland und Meer überdecken die Fortsetzung. Es ist aber wahrscheinlich, dass ein so gewaltiges Gebilde im Gefüge der obern Erdrinde nicht ein unvermitteltes Ende erreicht, sondern noch weithin fortzieht, und dass seine Rolle als Teiler des Kontinents auch dort fortbesteht, wo es nicht sichtbar ist. Prüfen wir nach dieser Hinsicht die Landgebiete, so gehören die Mandschurei und Korea nach ihrem Baue dem Norden an, das vom chinesischen Bogen umgrenzte Land dem Süden, und letzteres hat seine Fortsetzung im Südkiuschiu und dem grössten Teile von Schikoku. In anbetracht dieses Verhaltens ist es wahrscheinlich, dass der Tsinling in dem Teile von Japan fortsetzt, welcher nördlich von der eben genannten, durch die »Chichibu-Formation« charakterisierten Zone liegt, und dass er auf dem Wege dorthin zunächst in die WSW—ONO-Richtung umbiegt. Der Koreanische Bogen in seiner hypothetischen südlichen Fortsetzung würde ihn dann entweder ebenso durchschneiden, wie es der Honanbogen weiter westlich nachweislich thut, oder er würde als eines jener an der Nordseite des Tsin-ling-schan sichelförmig abschwenkenden Bruchgebilde aufzufassen sein, von denen früher die Rede war.

b) Im mandschurisch-tungusischen Vorlande, zu dem auch das nördliche Korea gehört, macht sich eine Umbiegung im Gefüge des archäischen

Grundgebirges kenntlich, indem die noch bei Schan-hai-kwan und in Liautung herrschende sinische Richtung (im Mittel W 30° S—O 30° N) eine Schwenkung nach NNO ausführt. Im östlichen Nordkorea scheint die Richtung nahezu NO zu sein. Im Kleinen Khingan und im Sikhota-alin ist die NNO-Richtung im Gefüge, einschliesslich späterer Bruchbildungen, nachgewiesen. Im Innern des Umbiegungsgebietes treten, nach den Beobachtungen von Cholnoky, Unregelmässigkeiten im Baue durch partiell westöstliches Streichen und vulkanerfüllte Einsenkungen ein.

c) Die Gesamtanordnung jeder einzelnen Bogenküste ist vom innern Baue unabhängig, wie sich dies auch bei den binnenständigen Landstaffeln herausgestellt hatte. Aber das Verhältnis ist ein besonderes bei jedem der Bogen.

1. Der tungusische Bogen schmiegt sich unter allen dem innern Baue am engsten an; aber er folgt am Sikhota nicht dessen gestreckten Linien, sondern umzieht sie in leichter Krümmung, so dass er sie nördlich und südlich von der Strecke, wo der Parallelismus der Küste mit der Gebirgsstruktur am vollkommensten ist, in schiefem Winkel durchschneidet. Dies scheint auch zum Teil für die nordkoreanische Strecke zu gelten. Bei diesem Bogen wiederholt sich auch die Eigentümlichkeit der ostmongolischen und der Lena-Landstaffel, dass das im äquatorialen Schenkel der Randschwelle waltende Gefüge über den Ansatz des nächsten Bogens hinaus westwärts weit fortsetzt und dort noch reich gegliedertes Gebirgsland von sinischer Parallelstruktur zusammensetzt.
2. Der koreanische Bogen schneidet, soviel sich der dürftigen Kenntnis des Landes entnehmen lässt, das von SW nach NO gerichtete innere Gefüge des Halbinsellandes ungefähr rechtwinklig ab. Die richtende Kraft, welche der rein tektonischen Absenkung zu Grunde liegt, hat also in diesem Falle keinerlei Beziehung zu dem Gefüge des Gebirgsbaues an der Erdoberfläche. Die von Gottsche gemachte Wahrnehmung von NNW—SSO gerichteten Störungslinien vermag, da die Küstenlinie gekrümmt ist, eben so wenig Aufschluss zu geben, als das an anderer Stelle herangezogene Streichen des Urgneisses in Schantung.
3. Bei dem chinesischen Bogen tritt die Unabhängigkeit vom innern Gebirgsbaue am meisten hervor; denn obgleich er, mit Ausnahme einer kürzern Strecke, wo die Richtung der Inselzüge und der Durchschnittsverlauf der Küste auf vollkommenen Parallelismus mit den Strukturlinien hinweisen, allenthalben das grosse Gebirgsland des südöstlichen China in mehr oder weniger schiefem Winkel zum innern Streichen abschneidet, besitzt er doch unter allen die vollendetste Kreisbogenform.
4. Der annamitische Bogen zeigt wieder andere Verhältnisse. Ein Gebirge, dessen freilich nur wenig bekannter Bau auf hohes Alter der Entstehung schliessen lässt, zieht, in auffälliger Divergens mit der für das westliche Hinterindien bis weit in den Kontinent hinein charakteristischen, in grosser meridionaler Erstreckung annähernd gleichbleibenden Streichrichtung NzW—SzO, aus innern Teilen der Hinterindischen Halbinsel nach SO. Seine granitreichen Kernzüge erreichen das Meer zwischen den Kaps Varela und Padaran. Die Küste umzieht in leichtgeschwungenem Bogen die den Kernzug an der Nordostseite begleitenden krystallinischen Schiefer und metamorphischen Gebilde; der Bogen krümmt sich dann so, dass er die Gebirgsenden quer abschneidet und in seiner letzten westsüdwestlichen Strecke Gebilde begrenzt, welche auf der Rückseite des Hauptzuges zu liegen scheinen. So treten auch hier die verschiedensten Winkel zwischen innerer Struktur und äusserer Küstenlinie auf.

d) Die Beziehungen der Randstaffelbogen zu den Binnenstaffelbogen lassen sich von mehrfachen Gesichtspunkten aus betrachten.

1. Was die geographische Lage betrifft, so wurde bereits auf die Parallelstellung des tungusischen Bogens zum ostmongolischen hingewiesen. An Stelle der kulissenartigen Verschiebung, in welcher der meridionale Schenkel des letztern ungefähr im 47. Breitengrade nach Westen zurückzuweichen scheint, tritt bei dem tungusischen die flache Kreisbiegung. — Der Koreanische und der Tai-hang-schan-Bogen liegen in gleichen Breiten und sind auch in Ausdehnung einander ähnlich, divergieren aber etwas nach Süden. — Der chinesische Bogen umfasst die am Hukwang- und Yünnan-Bruch abgesunkene Doppelstaffel, und wie deren Südrand abnorm weit nach Westen zieht, so ist es auch der Fall mit dem chinesischen Bogen. Die Art, wie sie miteinander und mit der nordwestlichen Fortsetzung des annamitischen Gebirges zusammenkommen, ist nicht bekannt. Das letztere steht dem ganzen nordwärts davon gelegenen Lande von Ostasien fremdartig gegenüber; der annamitische Bogen, welcher daher eine Sonderstellung für sich allein einnimmt, teilt dennoch mit den andern Küstenbogen die Gestalt.
2. Die Frage nach der Art, wie die maritimen Landstaffeln als Ganzes gegen die kontinentalen herabgesunken sind, welche in der ersten Abhandlung aufgeworfen, aber nicht erörtert wurde, lässt sich für die nördlichen Gebiete dahin beantworten, dass lediglich der der höhern Staffel benachbarte Teil der niedern die Absenkung erfahren hat; denn die Höhe der ozeanischen Staffelränder ist dadurch nicht beeinflusst worden. Die Meereshöhen, in denen das Grundgebirge im Sikhota und im Koreanischen Küstengebirge ansteigt, sind von denen des Khingan und der Gebirge von Schansi nicht wesentlich verschieden. Die scheinbar bedeutendste Absenkung liegt dort, wo das Gelbe Meer sich ausbreitet; doch ist nicht bekannt, in welcher Mächtigkeit westlichere Teile der niedergebrochenen Scholle von spätern Schwemmgebilden überdeckt worden sind. Was das südöstliche China betrifft, so ist es zwar kaum zweifelhaft, dass ebenfalls die stärkste Absenkung am Fusse der Kwei-Staffel liegt; aber es scheint, dass der gesamte Erdrindenteil tiefer steht als das westliche Land. Diese Verhältnisse sollen an anderer Stelle ausführlich erörtert werden.

C. Art und Alter der tektonischen Bewegungen.

a) Ebensowenig wie die Bogen der innern Reihe, entsprechen diejenigen der äussern morphologisch und tektonisch den mit Faltung und Überschiebung gegen die konvexe Seite hin verbundenen Gebirgsbogen, wenn sie ihnen auch in linearen Umrissformen noch viel mehr gleichen als jene erstern. Bei dem tungusischen Bogen ist es nicht ausgeschlossen, dass sehr alte, vielleicht nicht jünger als archäische Faltungen mit seiner Anlage in Zusammenhang stehen; aber einerseits schneiden Teile von ihm zu scharf durch die Faltungslinien hindurch, um beide in vollkommen ursächlichen Zusammenhang zu bringen; anderseits ist er nur ein Glied in einer Reihe äusserlich homologer Gebilde, deren Gestaltung auf eine gleichartige Wirkung von Kräften zurückgeführt werden muss. Da nun bei den andern drei Bogen ein Zusammenfallen mit dem innern Baue sich sicht erweisen lässt, so dürfen wir der Thatsache, dass es bei dem tungusischen Bogen zum Teil vorhanden ist, erst in zweiter Linie Bedeutung beimessen.

b) Für die innern Bogen suchte Verf. es wahrscheinlich zu machen, dass im Norden der Linie des Tsinling-Gebirges uralt begründete, gegen Süden gerichtete, auf Zerrung beruhende Bewegungen stattgefunden haben, welche Bruchbildungen im Sinne der sinischen Streichrichtung und

tektonische, mit Zerreissung und dem Ausbruche granitischer, porphyrischer und jungvulkanischer Gesteine verbundene Vertikalverschiebungen veranlassten, und dass dadurch Rostgebirge, wie in Nord-Tschili und Daurien, entstanden; dass in einer spätern Zeit, wahrscheinlich nicht früher als die Triasperiode, entlang der ganzen Linie, vom nordöstlichen Sibirien bis zum südöstlichen Yünnan, meridionale Brüche eintraten, welche ebenfalls auf Zerrung, aber diesmal ostwärts, nach dem Pazifischen Ozeane hin, beruhten; dass endlich durch diese doppelte Zerrung und das dadurch bedingte Absinken nach zwei unter einem stumpfen Winkel sich begegnenden Linien in jedem einzelnen Falle, das bogenförmige, in Staffeln sich vollziehende Nachsinken der innerhalb des stumpfen Winkels gelegenen Teile in der Umrandung der stehengebliebenen Scholle eingetreten sei. Der Sitz der zerrenden Kräfte und der Spaltenbildung wurde dabei in grössern Tiefen der Erdkruste angenommen.

Noch unabhängiger vom Gebirgsbaue der Erdoberfläche sind, mit Ausnahme des tungusischen, die randlich gestellten Bogen, von denen jetzt die Rede ist, und ungleich mehr der Kreisform genähert sind die aus den tektonischen Bewegungen hervorgegangenen Bogengebilde. Diese Bewegungen und die in Brüchen vollzogene Lösung der Kohäsion innerhalb der Erdkruste, durch welche die Vertikalverschiebungen ermöglicht wurden, erscheinen, wenn man ihre Bedeutung für den Kontinent erfasst, als primär gegenüber denen, welche die innerkontinentale Linie von Brüchen veranlassten. Wenn demgemäss ihr Sitz in noch grössern Erdtiefen lag, so konnten aus dem Zusammenwirken entlang zweier Komponenten in demselben Sinne, wie die vorher angenommenen, noch mehr geschlossene und abgerundete Bogenlinien an der Erdoberfläche hervorgehen.

c) Es senkt sich also die Festlandsmasse des östlichen Asien in grossen Staffeln herab. Zwei von diesen werden durch weitgedehnte, gegliederte, auf Bruchbildung beruhende Bogenlinien deutlich gezeichnet. Die gemeinsame Ursache der Erscheinung ist in der Kombinaton von zwei Systemen zerrender Kräfte zu suchen, von denen eines ostwärts, das andere südwärts gerichtet ist.

Suchen wir nach dem Motiv für die Erregung der ostwärts gerichteten Zerrung, so dürfte es in der in langen Perioden fortschreitenden, vermutlich auf isostatischen Tendenzen beruhenden Vertiefung des Pazifischen Ozeanbeckens am Rande des Kontinentalmassivs genügend gegeben sein. Zwischen dem Festlande, welches der Zerrung in der Form gross angelegter Staffelsenkung und reichlicher Öffnung von Ausflusskanälen für Tiefengesteine nachgegeben hat, und jenen Ozeantiefen liegt ein breiter Raum. In ihm ist gegen den Rand der Tiefe hin diejenige Zone zu suchen, wo durch Auswärtsdrängen des Kontinentalmassivs und dessen Überwallen über den dadurch passiv weiter gesenkten Ozeanboden, der wachsende Massendefekt des Festlandes durch wachsende Massenanhäufung im äussersten Randgebiete, oder die räumliche Erweiterung dort durch räumliches Zusammendrängen hier, kompensiert wird, und wo mit grossen Überschiebungen verbundene faltige Stauung erwartet werden darf. Die ostasiatischen Inselkränze erscheinen als die Krönung der durch solche überwallende Stauungen emporgewölbten äussersten Randgebiete der Kontinentalmassivs. Aber selbst sie tragen den Charakter der Innenseiten von Faltungsgebirgen; die gefalteten Aussenzonen werden erst an den Abfällen gegen die ozeanischen Tiefen hin zu suchen sein. Die Existenz anderer, noch ferner liegender, nur in kleinen Inselspitzen aufragender, sonst noch unter der Meeresfläche verborgener Bogen, wie sie auf bathymetrischen Karten hervortreten, lässt darauf schliessen, dass die gleiche Tendenz in diesem Teile der Erdrinde seit frühesten Zeiten wirksam gewesen ist.

Für die Erklärung der äquatorwärts gerichteten Zerrung und Bewegung grosser Erdrindenteile in Asien, vom Kwenlun-Tsinling an, liegt

das gleiche Motiv nicht vor; es darf vielleicht, wenn auch mit Zagen, auf Änderungen in der Geschwindigkeit der Erdrotation und dadurch bewirkte Massenumsetzungen hingewiesen werden.

d) Wenn die Verhältnisse an den innerkontinentalen Landstaffeln gewisse Schlüsse über frühestes Eintreten derjenigen tektonischen Bewegungen gestatteten, welche die jetzigen Formen bestimmt haben, so lässt sich das Gleiche für die Randstaffeln noch nicht durchführen, und es erscheint richtiger, jetzt jede Schlussfolgerung nach dieser Richtung zu vermeiden, bis sich eine grössere Summe von Beobachtungen. als jetzt in allgemein zugänglicher Litteratur vorliegt, zur vergleichenden Betrachtung darbietet.

Das mexikanische Zentralplateau bildet den Gegenstand einer Studie von Emil Böse in Mexiko.[1]) Den Hauptteil des Landes bildet bekanntlich ein nach Norden flach abfallendes Hochplateau, welches nach Osten, Westen und Süden steilere Abhänge hat. »Diese, von manchen als Steilabstürze bezeichnet, sind ziemlich kompliziert gebaut und zeigen, wenigstens auf der Ostküste ein stufenweises Abfallen; vom Plateau, der Mesa central, aus senken sich die Höhenzüge gegen das Meer hinab. Auch die Mesa central ist keineswegs ein einfaches Plateau; zahlreiche Bergzüge, die oft eine durchaus nicht unbedeutende Höhe aufweisen, durchziehen die Hochebene, und nur die breiten Thäler zeigen einen flachen Boden, welcher dem Plateau den Namen verschafft hat. Immerhin fällt die Existenz dieser Mesa central jedem auf, der sich von der Ost-, West- oder Südseite der Hauptstadt des Landes nähert, und die Entstehung dieser mittlern Masse ist scheinbar das Hauptproblem der Geologie Mexikos. Geradezu verlockend erscheint bei Betrachtung der geographischen Karte die Annahme, dass der Steinabfall auf den Seiten durch Brüche erfolgte, und dass somit im Grunde nur eine Senkung im Süden, Osten und Westen stattfand oder auch eine Hebung des zentralen Tafellandes. Eine solche Anschauung vertreten z. B. Felix und Lenk,[2]) welche, von der rein hypothetischen Ansicht, dass Vulkane auf grossen Spalten liegen müssen, ausgehend, solche Spalten nach der geographischen Lage der Hauptvulkane Mexikos im Süden des Landes konstruieren. Ein Blick auf die geologische Karte des Landes[3]) lehrt jedoch, dass die Verhältnisse nicht ganz so einfach liegen; zahlreiche Ketten mesozoischer Gesteine auf dem Hochplateau rufen die Vermutung wach, dass die Vorgänge bei der Bildung des Zentralplateaus anderer Art waren. Eine Lösung des Problems lässt sich natürlich nur durch genaue Karten- und Profilaufnahmen erzielen; an diesen mangelt es leider bisher gänzlich. Das geologische Institut von Mexiko hat nun seit einiger Zeit mit der Aufnahme von Karten

---

[1]) Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft 1901. 53. p. 173.

[2]) Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Republik Mexiko, I. Teil, 1890. p. 1—12.

[3]) Bosquejo geológico de México. Bol. Inst. geol. México 1897. No. 4, 5, 6.

im Maassstabe 1:100000 begonnen, und zwar zu gleicher Zeit im Bereiche der vulkanischen Massen des Zentralplateaus wie der Sedimentärgesteine des Süd- und Ostabfalles; bisher ist noch keine der Karten publiziert worden. Die topographische Unterlage giebt die Karte 1:100000, welche von der Comision geográfica exploradora aufgenommen wird, eine Aufnahme, die in den Details allerdings häufig recht mangelhaft ist und von den Mitgliedern des geologischen Institutes nach Möglichkeit verbessert wird.« Verfasser wählte als Aufnahmegebiet das Blatt Orizaba (Staat Veracruz), welches in tektonischer Beziehung als eines der interessantesten erscheint. Es umfasst das Gebiet von 18° 31′ bis 18° 53′ nördl. B. und von 1° 46′ bis 2° 16′ östl. L. (Meridian von Mexiko), also ungefähr 2120 *qkm.* Von diesem Gebiete hatte er bisher das nordwestliche Viertel aufnehmen können und dabei Profile erlangt, welche interessante Resultate geliefert haben.

Der Verfasser bespricht eingehend das Gebiet, welches die Umgebung der Strecke Rio Metlac-Boca del Monte der Bahn Veracruz-Mexiko umfasst, und wobei er zeigt, dass entgegen der Annahme von Felix und Lenk im Osten des Zentralplateaus von Mexiko ein Bruch nicht vorhanden ist. Er kommt zu dem Schlusse: »dass Mexiko in seinem südlichen Teile ein grosses, NNW—SSO streichendes Gebirge aus gefalteten und zerbrochenen Sedimentärgesteinen ist. Im mittlern und höchsten Teile haben Eruptivgesteine, vulkanische Sande und zum kleinen Teile auch pliocäne und quartäre Alluvionen die Thäler ausgefüllt, so dass eine Art Ebene entstand, welche von teils aus Sedimenten, teils aus Eruptivgesteinen gebildeten Hügelketten durchzogen werden. Das mexikanische Gebirge war schon vorhanden, als die Haupteruptionen begannen, welche somit im mittlern und höchsten Teile des Gebirges nur orographisch ausgleichend wirkten. Dadurch dass diese sekundäre Hochebene vorhanden ist, welche die ehemals höchsten Kämme des Gebirges bezeichnet, tritt der rasche Abfall in Treppenbrüchen nach Osten und Westen stärker hervor, wodurch die Täuschung verursacht wurde, dass das Hochplateau als Horst zwischen zwei Senkungsfeldern aufgefasst wurde. Wie im Süden, scheinen auch die Verhältnisse in der Mitte von Mexiko zu liegen. Die Betrachtung der geologischen Karte von Mexiko lehrt, dass die jüngern Eruptivmassen nicht mit der Grenze der Mesa central zusammenfallen, vielmehr schräg über das Hochplateau hinwegziehen, um sich dann im nördlichen Teile des Landes nur auf der Westseite des Hochplateaus zu zeigen. Den grössten Teil der Hochfläche nehmen in der Mitte und im Norden Sedimentärgesteine mit starker Sand- und Alluvionenbedeckung ein. Und auch in der vulkanischen Kette des Westens tauchen Sedimentärschichten auf. Die Verhältnisse scheinen also dieselben wie im Süden zu sein: der Kern des Gebirges besteht aus aufgerichteten, gefalteten und zerbrochenen Sedimentärgesteinen, und die Thäler der höchsten Kämme

sind durch vulkanische Sande, Laven und junge Alluvionen ausfüllt worden.

Geographisch betrachtet, besteht das Gebirge Mexikos im Süden aus einer einzigen Kette, welche sich am nördlichen Rande der Mesa central in zwei Teile spaltet: die Sierra Madre Occidental und die Sierra Madre Oriental. Im geologischen Sinne beginnt die Bifurkation jedoch viel weiter im Norden da das ganze mexikanische Gebirge sich offenbar zu gleicher Zeit als ein grosses Kettengebirge erhob und erst nachträglich durch jüngere Eruptionen, die ja allerdings wohl auch sicher Begleiterscheinungen weiterer Aufrichtung waren, ausgestaltet wurde. Soviel wir bis heute wissen, diente bei der Auffaltung jene Kette alter Eruptivgesteine im Westen als Widerlager. Hier war der Beginn der Kontinentbildung. Hier im Südwesten sind auch die Kalke der mittlern Kreide nicht abgesetzt, wir müssen deshalb wohl annehmen, dass dieser Teil schon im Cenoman aus dem Meere aufragte. Dieser älteste Teil bildete eine langestreckte schmale Zone im Westen, und zwar jenen Teil, der heute aus der Halbinsel Niederkalifornien und einem Streifen an der Westküste besteht. Der Meerbusen zwischen der Halbinsel Baja Kalifornia und dem Festlande ist als Fortsetzung der Sierra Nevada-Einsenkung Kaliforniens aufzufassen und bedeutend jünger als der Beginn der Aufrichtung. Die Gebirgsbildung begann also im Westen und schritt nach Osten fort, diese Thatsache können wir hier nur andeuten. Heute wird Mexiko im Westen gesenkt und im Osten gehoben; ehemalige spanische Zollhäuser, welche früher etwas von der Westküste entfernt waren, liegen heute zum Teil im Meere, zum Teil als Ruinen am Strande, wie z. B. in Manzanillo. Dagegen liegen heute auf der Ostküste Häuser, welche im vorigen Jahrhunderte hart am Meere standen, bereits ca. 50 *m* landeinwärts; und bei Ausgrabungen in der heutigen Stadt Veracruz haben sich Anker und sonstige Schiffsbestandteile im Boden begraben gefunden, woraus hervorgeht, dass das Meer früher, und zwar noch zur Zeit der spanischen Herrschaft bis hierher reichte. Zwar fehlen genauere Untersuchungen über diese Fragen, doch ist das Vorhandensein einer Bewegung unleugbar.

Die Hochketten des nordamerikanischen Felsengebirges und der Sierra Nevada schildert auf Grund eigener Wahrnehmungen E. Deckert.[1]) Zunächst behandelt er den Pikes Peak (4312 *m* hoch), der ein Kondensator der atmosphärischen Feuchtigkeit seiner Wüstenumgebung ist, und dessen Flanken von den Gebirgswässern durch tief eingegrabene Cañons zerschnitten sind. Auch an den Seitenwänden der Cañons, und insbesondere des Ruxton Creek Cañon, ist das Wirken und Walten der Wettergeister in vielfacher Weise

[1]) Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde in Berlin 1901. 36. No. 1, p. 1—19.

deutlich sichtbar. Das anstehende Gestein ist beinahe allerwärts auf das gründlichste zermorscht und zerwettert oder zu einem groben Grus zerfallen, der unter dem Einflusse der Regengüsse und Schneeschmelzen auf den steilen Böschungen tiefer und tiefer abwärts gleitet, und die Höhen sind von wunderlichen Felszinnen und Felsnasen gekrönt. Die Kiefern- und Eichen- und Bergmahagonibüsche aber, welche die steilen Hänge bestehen, haben daselbst offenbar keine sehr günstigen Existenzbedingungen. Ziemlich genau in halber Höhe des Berges, in der Gegend des sogenannten Half Way House ändert sich aber der gesamte Landschaftscharakter vollkommen. Es breiten sich weite Gründe zwischen sanft geböschten und gerundeten Höhen aus, es erscheinen grosse Steinblockhaufen, die nicht an Ort und Stelle oder in näherer Nachbarschaft ausgewittert sein können, und das anstehende Gestein zeigt nicht bloss eine verhältnismässig grosse Frische, sondern es treten auch zahlreiche Gruppen der bekannten *roches moutonnées* auf, und zum Teil ist eine deutliche Schrammung an den Felsen zu beobachten. Es ist also ganz klar, dass hier einst ein stattlicher Gletscher seine bodenumgestaltende Wirkung geübt hat.

Diese Gletscherwirkungen sind an der Ostflanke des Bergstockes bis zu 4000 *m* Höhe leicht zu verfolgen; dann erscheinen sie aber durch frisch herabgerollten Gesteinsschutt mehr und mehr maskiert, und der eigentliche Gipfel ist nichts als ein Trümmerfeld von scharfkantigen Blöcken, dessen Entstehung durch den Zusammenbruch anstehender Felswände und Felszinnen man in die Zeit nach dem Schwanken der Gletscher zu verlegen hat. Den Schutz einer mächtigen Schneedecke hat das Gipfelgestein auf dem Pikes Peak ebenso wie auf den andern Bergen des Felsengebirges nur zeitweise und in geringem Umfange; dagegen wirken die Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit, sowie von Wärme und Kälte beständig auf dasselbe ein, und die sprengenden Wirkungen des Spaltenfrostes gehen auch selbst während des Hochsommers in rüstigster Weise vor sich, da das Thermometer auf dem Berge im Juli gelegentlich auf 8° C. unter Null sinkt.

In solcher Weise erfolgte in der postglazialen Zeit eine nicht unbeträchtliche Abtragung und Erniedrigung des Pikes Peak-Gipfels. Welch gewaltige Schuttmassen in der Zeit nach dem Schwinden der Gletscher von dem Gipfel des Berges abgeglitten sind, zeigt an seiner Südseite in ungefähr 3900 *m* Höhe ein fast gänzlich damit ausgefülltes weites Kar, in dem einst einer der Hauptgletscher seinen Ursprung gehabt haben muss.

Der Absturz des Pikes Peak gegen Norden ist sehr steil, auch haben an dieser Seite in der geologischen Neuzeit umfangreiche Felsstürze zu grossen Tiefen hinab stattgefunden; aus diesem Umstande erklärt es sich wohl, dass an dieser Seite des Berges von der einstigen Vergletscherung wenig wahrzunehmen ist.

In der Moskitokette, die in dem Quandary Peak (4349 *m*) und in dem Mount Lincoln (4357 *m*) noch um ein geringes höher ist, als der Pikes Peak, in mehrern andern Gipfeln aber wenigstens an 4000 *m* aufsteigt, sind die tektonischen und petrographischen Verhältnisse von denjenigen am Pikes Peak gründlich verschieden. Die allgemeinen morphologischen Verhältnisse bieten aber mancherlei starke Anklänge an das, was an dem Pikes Peak zu beobachten ist. Bei dem Mount Sheridan und Mount Lincoln handelt es sich um Porphyrkegel, die den mässig geneigten paläozoischen Quarzitbänken aufsitzen, bei dem Quandary Peak und Horseshoe Peak aber einfach um paläozoische Quarzit- und Kalksteinrücken. Die Gipfel dieser Berge sind aber ebenfalls ausgeprägte Trümmergipfel, bei denen anstehendes Gestein auf der Höhe so gut wie gar nicht sichtbar, sondern beinahe allenthalben unter einer losen Schicht scharfkantiger Stücke, von mehrern Metern Mächtigkeit, begraben ist. Entsprechend der sprödern Natur der fraglichen Felsarten sind die Trümmer kleiner als bei dem Pikes Peak. Die unmittelbare Gipfelabtragung schreitet aber auch bei den Bergen der Moskitokette in sichtbarer Weise weiter fort.

Die Sawatch Mountains haben nicht weniger als 23 Gipfel von über 4000 *m* Höhe. Am Fusse dehnen sich gewaltige Moränenlandschaften aus. Auf der Spitze geht die Gipfelzerstörung noch immer fort, und dass an der Thalbildung dort die Gletscher der Quartärzeit einen sehr hervorragenden Anteil nahmen, ist für Deckert nicht zweifelhaft. Auch in dem Trachytgebirge der San-Juan-Mountains ist die Ausgestaltung der Berge zu Trümmergipfeln eine augenfällige.

Was die kalifornische Sierra Nevada 10—12° weiter westlich anbelangt, so zeigt sie sich ihres Namens würdig, wenn man sie vom Thale des Owens River und Owens Lake aus betrachtet. Da starren die gewaltigen Sägezähne scharf und schneidig genug empor gegen das Himmelsgewölbe, und in den meisten Monaten des Jahres legen die Bergriesen, welche die Thalsohle gutenteils um volle 3000 *m* überragen, hier auch ihr hellstrahlendes Schneediadem niemals ganz ab, wenigstens nicht an ihren gegen Norden gewendeten Seiten — ein Mount Whitney (4428 *m*), ein Mount Williamson (4404 *m*), ein Mount Leconte (4360 *m*), ein Mount Jordan (4350 *m*), ein Mount Humphreys (4270 *m*), und alles in allem etwa zwei Dutzend Gipfel, von denen es feststeht, dass sie höher als 4000 *m* sind.

Die Frage, weshalb die Felsengebirgsgipfel unter ihren eigenen Trümmern begraben sind, während die Sierragipfel sich von losem Schutte in so hohem Grade frei erhalten, beantwortet Deckert folgendermassen: »Eine der Ursachen liegt wohl sicherlich in der Struktur, bezw. in der Lagerung des Sierragranits: In seiner ausgesprochenen Neigung zu senkrechter Zerklüftung, welche wir auch in dem Yosemite-Thale beobachten, und durch welche die Eigenart dieses Thales, sowie

der sämtlichen Thäler von dem Yosemitetypus ganz wesentlich mit bestimmt wird. Die losgesprengten Trümmermassen gleiten infolgedessen viel besser zu der Tiefe, wo sie von dem fliessenden Wasser ergriffen und fortgeführt werden, als es beispielweise bei den Sawatch Mountains mit der schrägen Zerklüftung ihres Gesteins der Fall ist. Sodann geht mit der grössern Schneemenge des Gebirges natürlich auch eine gründlichere Schnee-, bezw. Lawinen- und Schmelzwasserabräumung Hand in Hand. Endlich aber, und das ist vielleicht die Hauptsache, war die Sierra dereinst in einer noch viel umfassendern Weise vergletschert als die Sawatch Mountains oder irgend eine andere Hochkette des Felsengebirges, und bis in eine noch viel jüngere Vergangenheit hinein als jene.

Betreffs der Gipfelabtragung in der Sierra Nevada betont Deckert noch, dass dieselbe in der Zeit nach dem Abschmelzen der Gletscher keine so umfangreiche gewesen zu sein scheint, als in dem Felsengebirge, dass sie dafür aber während der Eiszeit auch nicht in demselben Umfange wie dort ruhte. Infolge der senkrechten Gesteinsklüftung ragten die Klippengipfel, an denen kein Schnee haftete, eben auch damals in die freie Luft und waren auf diese Weise dem Spiele der Wettergeister immer preisgegeben. Heute liegen die Temperaturextreme auf den Sierragipfeln zwar nicht so weit auseinander wie auf den Felsengebirgsgipfeln, die Schwankungen sind aber auch auf ihnen bedeutend.

Die Gebirgsgruppe des Elias in Alaska ist bekanntlich von der Forschungsexpedition des Prinzen Ludwig Amadeus von Savoyen untersucht worden. Ein Bericht über dieselbe ist in einem grossen Werke erschienen,[1]) das nun auch in deutscher Übersetzung vorliegt. Der Berg wurde zuerst von Vitus Bering 1741 als höchster seiner Umgebung erkannt und benannt. Über die wahre Höhe haben die Angaben sehr lange geschwankt. Nach den Messungen von Professor Russell beträgt sie 5516 ± 30 *m*, die oben erwähnte italienische Expedition fand sie barometrisch zu 5514 *m*, eine wohl nur zufällige nahe Übereinstimmung. Die Fläche vom Seegestade bis zu den Hochgipfeln der Gruppe nimmt der ungeheure Malaspinagletscher ein, der grösste der nördlichen Erdhälfte ausserhalb Grönlands. Dieser Gletscher wird von zahlreichen Teilgletschern vom Nordkamme und auch aus dem noch unerforschten Hintergrunde der ostwärts vom Mount Elias verlaufenden Augustakette genährt. Von dort bringt der grösste Teilgletscher, der Seewardgletscher, das Eis vom Logankamme, der in dem Mount Logan, dem höchsten bekannten Gipfel Nordamerikas, mehr als 5900 *m* erreicht. Alle diese Gletscher haben gleich denen an der Glacierbai (im Südosten) seit dem 18. Jahr-

[1]) Die Forschungsreise S. K. H. des Prinzen Ludwig Amadeus von Savoyen nach dem Eliasberge v. Filippo Filippi. Deutsch von Baron G. Locella. Leipzig 1900.

hunderte eine beträchtliche Verminderung erfahren, während ein periodisches Oszillieren in der Mächtigkeit des Gletschereises hier bis jetzt nicht nachgewiesen ist. Der Malaspina reicht jedoch immer noch an zwei Stellen seines weit über 100 *km* Breite messenden Südbogens dicht ans Meer. Die ganze Küste ist mit hohem Fichtenwalde bestanden, und dieser dehnt sich auf das breite Band der Stirnmoräne des Gletschers selbst aus, so dass dort Wald auf Gletschereis steht.

Die Wärmestrahlung von den dunklern, steilen Wänden des anstehenden Gesteines erzeugt an den Gletscherrändern im Sommer ganze Ketten von Seen; gleichzeitig entstehen vorübergehend Flusssysteme auf dem Malaspinaeise, wühlen zahllose Gletschermühlen aus und bilden weithinziehende Tunnels im Gletscher, an dessen Vorderkante aus solchen sinkstoffreiche Gewässer hervortreten, so der Yahtse, der die frühere Bucht östlich vom Eiskap mit seinem Delta fast ganz zugeschüttet hat. Die Schneegrenze liegt bei 900 *m*, die Vegetationsgrenze bei 1200 *m*. Tierisches Leben dringt auch noch weit höher. Die merkwürdige, von Rusell ermittelte Thatsache, dass die Gesteine der ganzen Umgebung des Eliasberges jugendlichste Sandsteine und Schiefer sind, wurde bestätigt. Die Pyramide des Elias selbst besteht aus dunklem Diorit, der stellenweise in Hornblendefels übergeht. Vulkanische Ausbrüche oder auch nur Dampfausstossen hat es am Eliasberge nie gegeben; was man 1839 und 1847 als Dampf deutete, dürften Staubmassen im Gefolge von dort sehr häufigen Erdfällen gewesen sein.

Die Küstengliederung und Entwickelung Südamerikas.

Wenn man eine Erdkarte zur Hand nimmt und die Gestalten der Festländer vergleichend betrachtet, so findet man, dass, neben auffallender Unähnlichkeit der Umrisse im einzelnen, einige allgemeine Ähnlichkeiten hervortreten. Nicht nur Kontinente wie Afrika und Südamerika zeigen eine analoge Zuspitzung nach Süden hin bei breiterer Abrundung im Norden, sondern diese gegen Süden hin zugespitzte Gestalt wiederholt sich in auffallender Weise auch bei kleinern Festlandsgliedern, so bei Grönland, Vorder- und Hinterindien, in den Umrissen Italiens wie der griechisch-türkischen Halbinsel. Diese häufige Wiederkehr analoger horizontaler Formen, ebenso wie Polannäherung der Festlandmassen auf der nördlichen Erdhälfte und ihrer Polflucht auf der südlichen, sind Thatsachen, welche keineswegs als morphologische Zufälligkeiten betrachtet werden dürfen, sondern denen bestimmte Ursachen zum Grunde liegen, Ursachen von sehr allgemeinem Charakter und verwickelter Natur, die wir eben deshalb zur Zeit noch nicht speziell wahrnehmen können. An Hypothesen in dieser Beziehung hat es freilich nicht gefehlt, wie z. B. derjenigen von Dana, welche zwei tektonische Hauptrichtungen, eine nordwestliche und eine nordöstliche annimmt, durch deren

Kreuzung die Zuspitzung entstehen soll, dagegen sieht Lowthian Green die Lithosphäre als tetraederähnliche Form an, Weinberg macht eine riesige Flutwelle, Reichenbach die Meeresströmung verantwortlich für die eigentümliche Form der Kontinente. Alle diese Erklärungsversuche aber, sagt sehr richtig Dr. Th. Arldt,[1]) scheinen den Fehler zu haben, dass sie alle Erscheinungen nur durch eine Ursache erklären wollen und nicht berücksichtigen, dass der geologische Bau der Festländer sehr wesentlich bei der Bildung ihrer Gestalt mitgewirkt hat. Auch berücksichtigen fast alle bis auf Green zu wenig die Erscheinungen der erdgeschichtlichen Vergangenheit. So ist es nicht angängig, Südamerika mit Afrika vergleichen zu wollen, wie noch Peschel in seinen »Neuen Problemen« thut, wo er den Satz aufstellt, die horizontale Gestalt der Kontinente sei unabhängig von ihrem vertikalen Aufbaue. »In Afrika sehen wir, abgesehen von der Zone jugendlicher Faltungen im äussersten Norden, die morphologisch eigentlich noch zu Eurasien gehört, ein uraltes Tafelland vor uns, das ringsum von Brüchen umgrenzt ist, ohne dass diese der Leitlinie eines Gebirges folgen könnten. Südamerika dagegen wird von dem der Längenerstreckung nach wenigstens, grossartigsten Faltungsgebirge der Erde durchzogen, und schon der erste Blick auf die Karte lässt vermuten, dass dieser mächtige Gebirgszug mit der ihm benachbarten Küste in Beziehung stehen möchte,« Afrika muss man vielmehr, wie Arldt mit Nachdruck betont, mit dem Tafellande Dekhan vergleichen, das ja auch nach dem jetzigen Stande unseres geologischen Wissens gleiche erdgeschichtliche Vergangenheit hat, indem beide Gebiete Reste des alten Lemurien oder Gondwánalandes sind, das einst die Stelle des jetzigen Indischen Ozeans einnahm. Südamerika ist nach Arldt dagegen mit Nordamerika zusammenzuhalten. In beiden Kontinenten zieht im Westen annähernd meridional ein junges Faltengebirge, vielfach in mehrern Ketten, zwischen denen Hochebenen sich ausbreiten oder Hochthäler eingebettet liegen. Westlich von diesem Gebirge liegt nur ein schmaler Küstensaum flachen Landes. Im Osten finden wir bei beiden ein nordöstlich streichendes, sehr altes Faltengebirge, das den Südostrand eines grossen archäischen Massivs bezeichnet, über dessen abgetragene Falten schon paläozoische Schichten horizontal gelagert sind, so dass diese Gebiete seit uralter Zeit in Ruhe sich befinden. Es ist dies in Südamerika das brasilische Massiv, das vom La Plata bis zum Orinoko reicht, und dessen südöstlicher Teil schon in vordevonischer Zeit gefaltet wurde; in Nordamerika dagegen finden wir die bis zur Carbonzeit aufgestauten Appalachien mit dem kanadischen Schilde. Zwischen den Gebirgssystemen im Osten und Westen ziehen Tiefländer sich hin, Ablagerungen jüngerer Perioden, unter denen wir die alten Massen wieder finden. So folgen ohne

[1]) Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1900. p. 32 u. ff.

stark hervortretende Wasserscheide im Norden die Gebiete des Mackenzie, Saskatchewan-Nelson und Missouri-Mississippi, im Süden die des Orinoko, des Amazonenstromes und der dem La Plata zuströmenden Gewässer aufeinander, so dass gewissermassen jedes der beiden Amerika durch ein grosses meridionales Längsthal geteilt wird.«

Die Frage, wie weit diese Ähnlichkeiten in der Geschichte beider Kontinente begründet sind, drängt sich solcher Art von selbst hervor. Um aber nach dieser Richtung hin mehr als vage Hypothesen aufzustellen, bedarf es genauerer Untersuchungen, welche Richtungen die Gestalt der Kontinente, hauptsächlich der Kontinentalsockel, bestimmen, und wie weit diese Hauptrichtungen im Verlaufe der Küstenlinien wiederkehren. Dadurch wird das Typische von dem Zufälligen gesondert oder auch das Ursprüngliche aus dem allmählich im Laufe der Zeiten Gebildeten herausgeschält. Diese Vorarbeit hat Dr. Theodor Arldt für Südamerika ausgeführt und an dem oben bezeichneten Orte publiziert. Er hat zunächst gewisse Hauptrichtungen festgestellt, die im grossen die Gestaltung des südamerikanischen Kontinentes bedingen, und mit diesen den Verlauf der Küstenlinien im einzelnen verglichen. Um aus dem wirklichen Verlaufe der Küstenlinie die Hauptrichtung herauszulesen, hat er die Punkte, in denen die Küste eine charakteristische Wendung macht, als Grenzpunkte der Hauptrichtungen angesehen und jeden solchen Punkt mit seinen beiden Nachbarpunkten verbunden, und zwar durch eine Linie (Loxodrome), welche mit allen Meridianen gleiche Winkel bildet, da nur bei ihr in Wahrheit von einem Richtungswinkel die Rede sein kann. So entsteht ein Polygon, das die rohen Umrisse des Kontinentes zeigen muss. Als diese Grenzlinie hat er nach dem gewöhnlichen Gebrauche die 100-Fadenlinie angenommen, obwohl in Wirklichkeit die Grenze der Kontinentalsockel bald in grösserer, bald in geringerer Tiefe verläuft. Sollte die Grenzlinie wirklich genau festgelegt werden, so müssten die ganze zu untersuchende Küstenstrecke entlang in möglichst geringen Abständen Profile von der Küste bis zur Tiefsee dargestellt werden. Die Punkte, bei denen in diesen Profilen vom Lande aus ein steilerer Abfall des Meeresbodens beginnt oder endet, wären dann auf der Karte zu verbinden, und man erhielte so eine obere und eine untere Grenzlinie der Festlandsockel. Indessen reichen unsere jetzigen Hilfsmittel für eine derartige Untersuchung, die sicher ein helleres Licht auf die Beziehungen der Kontinente untereinander, insbesondere auch auf ihre Entwickelungsgeschichte werfen würde, bei weitem nicht aus, und man kann nur eine Isobathe als gewissermassen normale Grenze ansehen. Die 100-Fadenlinie als konventionelle obere Kontinentalgrenze eignet sich aber besonders gut zum Vergleiche, da ihr Verlauf nach den Küstenkarten ziemlich genau festgestellt werden kann.

Dr. Arldt beschreibt genauer, wie er die Bestimmungen der Hauptrichtungen ausführte, und setzt die Grenzen fest, innerhalb deren er Südamerika als geographisches Individuum betrachtet.

Von den vielen Theorien, die sich mit der Gesetzmässigkeit des Verlaufes der Grenze zwischen festem Lande und dem Ozeane befassen, und die teils den Vulkanismus, teils die Gewässer der ozeanischen Becken als das Agens ansehen, greift er nur einige wenige heraus, auf die sich die Resultate der vorliegenden Messungen und Betrachtungen besonders gut anwenden lassen. Zunächst bespricht Dr. Arldt die Theorie von Pissis-Owen. »Es ist,« sagt er, »eine merkwürdige Vorliebe vieler Geographen, auf unserer Erde vorkommende Linienzüge als Teile von grössten Kreisen anzusehen. Kein geringerer als Richthofen bietet uns in einer seiner neuesten Veröffentlichungen[1]) dafür ein Beispiel, indem er die grosse Bruchlinie, die das gewaltige innerasiatische Massiv vom Süden Chinas bis in die Regionen des Beeringsmeeres östlich begrenzt, als Teil eines grössten Kreises bezeichnet, der den 60.° nördl. Br. berührt. Nun ist allerdings der grösste Kreis oder die orthodromische Linie die einfachste, die es auf einer Kugel giebt, da sie ja auch die kürzeste Verbindungslinie zweier Punkte derselben ist. Aber wenn man irgend einen Linienzug als mit einem andern sich deckend ansieht, so ist doch die zweite Frage, deren eingehende Beantwortung erst die Berechtigung des Vergleiches beweist, in welchem ursächlichen Zusammenhange die beiden verglichenen Grössen stehen. Es dürfte nun den Freunden des grössten Kreises schwer werden, auch nur einen Grund dafür anzuführen, warum tektonische Richtungen einem solchen Kreise folgen sollten. Einen einzigen giebt es, der eine Sonderstellung einnehmen könnte, das ist der Äquator. Bei dieser Vorliebe für die Orthodrome, die früher eher noch grösser war als jetzt, ist es nicht zu verwundern, dass einer der ersten Versuche, die Kontinentalformen zu erklären, sich dieser grössten Kreise bediente. 1848 wies Pissis darauf hin, dass die Küsten vielfach in der Richtung grösster Kreise verlaufen. Darin hat er ohne Zweifel Recht, indessen will das wenig besagen, denn wenn eine Strecke annähernd geradlinig verläuft und nicht sehr gross ist, so kann ja der durch ihre Endpunkte gelegte grösste Kreis gar nicht weit von ihr abweichen. Betrachten wir nun die südamerikanischen Verhältnisse. Während auf einer Merkatorkarte die Loxodrome stets eine gerade Linie vorstellt, wird die Orthodrome auf ihr zu einer Kurve, die unter allen Umständen nach dem Äquator zu konkav ist. Von diesem Satze ausgehend, erkennen wir, dass von den grossen südamerikanischen Richtungen bei der von Peru, Goajira, Brasilien im engern Sinne, Chile und Guayana die Orthodrome den Küstenverlauf besser wiedergiebt als die Loxodrome, indem die ersten zwei Küsten über die Loxodrome hinaus nach dem Meere zu gewölbt sind, die Küste von Chile nach diesem konkav ist, während Guayana

[1]) Richthofen, Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens.

nördlich des Äquators konvexe, südlich konkave Biegung aufweist, wie es auch seine Orthodrome thut. Auch bei der patagonischen Richtung kommt die Orthodrome der Küste näher, doch nur so wenig, dass sie keine Verbesserung der dortigen ungünstigen Verhältnisse bringt. Gerade nach der entgegengesetzten Seite aber weicht die Orthodrome ab bei den Richtungen von Columbia, Feuerland, Venezuela, Argentinien und Brasiloargentinien. Alles dies ergiebt sich bei einfacher Betrachtung einer Karte in Mekatorprojektion.«

Während Pissis sich mit der einfachen orthodromischen Linie begnügte, ging Owen willkürlich weiter und behauptete, dass diese Linien die Polarkreise tangierten, Arldt aber zeigt, dass dies für Südamerika sehr schlecht zutrifft. Es passen von den 25600 *km* der Küste Südamerikas 15600 gut, 1500 einigermassen. 8500, bez. 16800 gar nicht zu der Ansicht von Pissis, während der speziellern Forderung Owens nur 4700 *km* folgen.

Dana in einer 1862 ausgesprochenen Theorie stellt für die ganze Erde Hauptrichtungen auf in folgenden Sätzen:

1. Zwei grosse Richtungssysteme wiegen auf der Erde vor, ein nordwestliches und ein nordöstliches, einander quer durchkreuzend.
2. Die Inseln der Ozeane, die Umrisse und die Erhebungen der Kontinente, sowie der ozeanischen Becken liefern in gleicher Weise Beispiele für diese Systeme.
3. Die mittlern oder Hauptrichtungen dieser zwei Richtungssysteme sind WNW und NNO.
4. Es giebt viele Abweichungen von diesen Richtungen, doch gemäss dem Prinzipe, und diese Abweichungen finden oft entlang von Kurven statt.
5. Wie auch die Abweichungen sein mögen, wenn die Richtungen der zwei Systeme sich treffen, so kreuzen sie sich fast unter rechtem Winkel oder quer zu einander.

Arldt findet nun, dass Danas Ansichten weit berechtigter sind als die von Pissis und Owen. Insbesondere folge die eigentliche atlantische Küste streng den beiden Hauptforderungen, während diese an der karibischen und an der pazifischen Küste wesentlich modifiziert werden müssten, indem besonders die rechtwinklige Durchkreuzung der Systeme sich auf das östliche Schollenland beschränke und im andinen Gebiete dem stumpfen Winkel weichen müsse. Freilich seien durch alles dies nur Thatsachen festgestellt, ohne dass für sie eine Erklärung geboten würde.

Von Greens Hypothese zeigt Arldt, dass sie den Thatsachen nicht gerecht wird. Die vorstehend genannten Hypothesen nehmen keine Rücksicht auf den vertikalen Aufbau des Landes, dies thut erst Suess. Nach seiner Meinung erklärt sich die Zuspitzung der Tafel- und Schollenländer des atlantischen Typus aus dem Zusammentreffen von Senkungsfeldern, deren grössere Entwickelung gegen

Süden liege, der pazifische Typus des Küstenverlaufes stehe dagegen in enger Beziehung zu jugendlichen Kettengebirgen, und gerade bei Südamerika habe an der hornförmigen Zuspitzung der umschwenkende Faltenzug der Kordillere wesentlichen Anteil. Indessen bemerkt Arldt, es dürfte die Westküste Südamerikas auch schon vor der Angliederung der Anden eine ähnliche Form besessen haben als heute, abgesehen von dem südlichen Teile von Chile und von Patagonien.

Das Bergland von Antioquia im nordwestlichen Kolumbien. Vom Juli 1896 bis Mai 1897 unternahm Fr. Regel von Jena aus eine Forschungsreise nach Westindien, Venezuela, Kolumbien und lernte auf derselben insbesondere das Departamento Antioquia im nordwestlichen Kolumbien durch acht kleinere und grössere Reisen näher kennen, die von seinem Standquartiere Medellin aus vom September bis Anfang Mai ausgeführt wurden. Er drang im Gebiete der Westkordillere bis Dabeiba am Rio Sucio vor und war namentlich bestrebt, die zum Berglande von Antioquia sich ausbreitende Zentralkordillere zwischen dem Rio Cauca und Rio Magdalena zu erforschen, um hier die Arbeiten von Bogenhardt, Boussingault, Reiss, Schenck, Hettner u. a. nach Kräften zu vervollständigen.[1])

Über seine Forschungen hat er sich in der Physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg kurz verbreitet, und entnehmen wir dieser Quelle das folgende.

Die genauere geologische Erforschung dieser grossartigen Gebirgsländer ist schwierig, da es sich grösstenteils um krystallinische Gesteine, wohl ausschliesslich archäischen Alters handelt: Granite sind weit verbreitet und bieten häufig sehr charakteristische, die Landschaft weithin beherrschende Denudationsformen dar, wie den Peñon de la Ceja, den Peñon de Entrerios u. a. m. Die Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite sind meist stark zusammengefaltet, im südlichen Teile von Antioquia treffen wir auch kontaktmetamorphe Gesteine (Chiastolithschiefer z. B.), wir treten hier in das Gebiet der grossen Vulkane ein, die sodann weiter nach Süden zu (in dem Departamento Cauca) eine noch viel grössere Rolle spielen (Ruiz, St. Isabel, Tolima u. s. w.). Im Westen gegen das Caucathal zu ist in Antioquia das archäische Grundgebirge ungleichförmig überlagert von viel jüngern Sedimentschichten kretaceischen und wohl auch tertiären Alters; es treten hier Kohlensandsteine mit Kohlenflözen und mächtigen Geröllbänken auf, doch bieten die Pflanzenreste allein, da tierische Leitfossilien überaus selten sind, wie auch die verkieselten Hölzer dieser Gegenden (z. B. aus der Nähe von Fredonia) für die Altersbestimmung der Schichten bis jetzt nur allgemeine Anhaltspunkte.

[1]) Sitzungsberichte der Physikal.-medizin. Ges. zu Würzburg 1900. No. 4.

In tektonischer Hinsicht liegt im Norden wohl ein Abbruch vor gegen das Schwemmland des untern Cauca, Nechi und des nördlichen Magdalena, und erst in der Sierra Nevada de Santa Marta erhebt sich das nördliche Gegenstück dieses Grabeneinbruches, das dem Steilabbruche mehrerer Ketten der Ostkordillere gegen die Maracaiboniederung zu entsprechen scheint. Auch gegen Osten scheinen Abbrüche vorhanden zu sein, doch bedürfen die tektonischen Verhältnisse dieses nördlichen Teiles der Zentralkordillere noch weiterer Klärung, wie die archäischen Gesteine durch hierfür besonders geschulte Petrographen einer nähern Untersuchung unterzogen zu werden verdienen. Einen verwickelten Gebirgsbau zeigt auch die Westkordillere.

Besondere Aufmerksamkeit verwendete Regel auf die Feststellung der orohydrographischen Verhältnisse und hat zahlreiche barometrische Höhenmessungen vorgenommen.

3. Boden- und Erdtemperatur.

Die Wärmeleitung im Erdboden ist von J. Schubert an der Hand der Theorie von Fourier und Poisson untersucht[1]) und mit den Daten der Beobachtung zu Eberswalde verglichen worden. Es ergab sich bezüglich der Verzögerung gegenüber der Oberflächentemperatur eine genügende Übereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen.

Die Wärmeverhältnisse im Kohle führenden Gebirge sind von H. Hoefer studiert worden.[2]) Die grossen Unterschiede der geothermischen Tiefenstufen in verschiedenen Gegenden haben schon früher zu Erörterungen über die Ursache derselben geführt. Die Arbeit der Kommission, welche über die Teplitzer Thermenkatastrophe von 1894 zu berichten hatte, liefert die Hauptmasse des notwendigen Materiales. Man war damals zum Teil der Ansicht gewesen, dass durch einen Zweigstrang heissen Wassers die ungewöhnliche Tiefenstufe von nur 16,8 (statt 32) m in der Nähe des Brüxer Flötzes verursacht sei; Hoefer dagegen kam zu dem Schlusse, dass dieses Kohlenflötz als eine selbständige Wärmequelle betrachtet werden müsse. Die Analyse des Kohlungsprozesses bestätigt diese der unmittelbaren Erfahrung entnommene Befürchtung. Das erwähnte, nordböhmische Kohlenflötz ist für sich allein, kraft der in seinem Innern sich stetig vollziehenden chemischen Metamorphosen, die Ursache der erwähnten Unregelmässigkeit, die bei zunehmender Annäherung an das Flötz noch greller hervortritt.

Natürlich kann das nämliche auch durch Lakkolithenbildung hervorgerufen werden; im vorliegenden Falle jedoch genügt die progressive Verkohlung, um mit ihrer Hilfe eine zureichende Erklärung für die Erscheinung in allen ihren Teilen zu geben.

---

[1]) Physikal. Zeitschrift. **1.** No. **41.** p. 442.

[2]) Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1901. **49.**

4. Erdmagnetismus.

Der absolute Wert der erdmagnetischen Elemente am 1. Januar 1901 ist für die Station Parc Saint Maur, Val Joyeux, Perpignan und Nizza von Th. Moureux aus den regelmässigen Aufzeichnungen der Apparate abgeleitet worden, genau so wie im vorigen Jahre.[1]) Da die Beobachtungen in Parc Saint-Maur infolge des elektrischen Strassenverkehres sich immer schwieriger gestalten, so wird eine Ersatzstation in Val Joyeux geschaffen. Folgendes sind die erhaltenen Werte:

	Parc St. Maur	Val Joyeux	Perpignan	Nizza
Westl. Deklination . .	14°43,78′	15°14,4′	13°34,77,	11°57,95′
Inklination	64 51,9	64 50,0	59 57,5	60 9
Horizontalkomponente .	0,19755	0,19662	0,22450	0,22425
Vertikalkomponente . .	0,42106	0,42161	0,38819	0,39077
Nordkomponente . . .	0,10106	0,18971	0,21822	0,21998
Westkomponente . . .	0,05023	0,05168	0,05271	0,04650
Gesamtkraft	0,46510	0,46520	0,44844	0,45054

Der Längenunterschied zwischen den beiden ersten Stationen beträgt 29′, die Differenzen der Deklination müssten daher nur etwa 13′ betragen, während die Beobachtung 30,6′ ergiebt. Da ferner die Breite beider Orte ziemlich die gleiche, und ihr Abstand gering (36 km) ist, so müssten die Inklination und die Horizontalkraft fast den gleichen Wert haben; aber erstere ist in Val Joyeux um 8′ grösser und letztere um 0,000 93 kleiner als in St.-Maur. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die neue Station im Wirkungsgebiete der magnetischen Anomalie des Pariser Beckens liegt.

Aus der Vergleichung mit dem Stande der magnetischen Elemente vom 1. Januar 1900 ergiebt sich die nachstehende Säkularänderung:

	Parc St. Maur	Perpignan	Nizza
Deklination	−3,78′	−5,48′	−3,48′
Inklination	−3,3	−2	−1,4
Horizontalkomponente .	+0,00044	+0,00029	+0,00000
Vertikalkomponente . .	−0,00011	−0,00002	+0,00022
Nordkraft	+0,00048	+0,00036	+0,00014
Westkraft	−0,00010	−0,00028	−0,00023
Gesamtkraft	+0,00009	+0,00013	+0,00015

Von 1883 bis 1898 war im allgemeinen die Säkularänderung der Deklination grösser und die der Inklination kleiner im Norden als im Süden von Frankreich; seit zwei Jahren ist das Umgekehrte eingetreten.[2])

Die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente ist von Professor Dr. E. Fritzsche dargestellt. Diese Arbeit ist die vierte des Verfassers über die Bestimmung der Elemente des Erdmagnetismus mit Hilfe der Gaussischen allgemeinen Theorie und der Beobachtungen. Seine bisher erschienenen Schriften hierüber sind betitelt:

1. Über die Bestimmung der Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus für das Jahr 1885 und über

---

[1]) Dieses Jahrbuch 11. p. 159.
[2]) Compt. rend. 1901. 132. p. 30.

den Zusammenhang der drei erdmagnetischen Elemente untereinander. St. Petersburg 1897,

2. Die Elemente des Erdmagnetismus für die Epochen 1600, 1650, 1700, 1780, 1842 und 1885, und ihre säkularen Änderungen, berechnet mit Hilfe der aus allen brauchbaren Beobachtungen abgeleiteten Koeffizienten der Gaussischen allgemeinen Theorie des Erdmagnetismus. St. Petersburg 1899.

3. Die Elemente des Erdmagnetismus und ihre säkularen Änderungen während des Zeitraumes 1550—1915. Publikation III. St. Petersburg 1900.

Sie enthalten die erdmagnetischen Elemente für die Epochen 1550, 1600, 1650, 1700, 1780, 1842, 1885, 1900 und 1915 und ihre säkularen Änderungen, sowie eine Untersuchung, über das Verhältnis der innern und äussern Kräfte,[1]) welche den magnetischen Zustand an der Erdoberfläche bedingen.

Die obige Schrift giebt die Resultate einer Untersuchung über die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente für zwei Jahreszeiten — Sommer und Winter —, welche Verfasser auf Grund der Gaussischen allgemeinen Theorie[2]) und der stündlichen Beobachtungen an 27, zwischen den Parallelen + 80° und — 56° liegenden Orten angestellt hat.

Eine derartige umfassende Berechnung war bis jetzt nicht ausgeführt worden, da Prof. A. Schuster in seiner Abhandlung über die tägliche Periode der erdmagnetischen Elemente eine durchaus ungenügende Anzahl von Beobachtungsorten, nämlich Bombay, Lissabon, Greenwich und Petersburg benutzt hat, welche nur einen sehr geringen Teil der Erdoberfläche umfassen.

5. Erdbeben.

Die Erdbeben Italiens. Eine überaus wichtige sozusagen erschöpfende Darlegung aller Nachrichten über Erdbeben in Italien vom Beginne unserer Zeitrechnung bis Ende 1898 hat Mario Baratta geliefert.[3]) In Bezug auf Sorgfalt und kritische Genauigkeit der Litteraturangaben ist diese Arbeit ein Muster. Im ersten Teile derselben werden 1364 Erdbeben aufgezählt, d. h. nur diejenigen, welche in ihren Wirkungen der Skala 10—12 von Rossi entsprechen. Darauf wird die geographische Verteilung derselben behandelt, wobei Verfasser 24 seismische Distrikte unterscheidet und vortreffliche kartographische Darstellungen derselben liefert. Eine grosse von Baratta bearbeitete Carta Sismica d'Italia enthält sämtliche ermittelte Schüttergebiete und Lokalitäten, ist jedoch etwas unübersichtlich. Auf Grund

[1]) Mit »innern« Kräften sind die Agentien bezeichnet, welche ihren Sitz innerhalb der Erdrinde und mit »äussern« diejenigen, welche ihn ausserhalb derselben haben (z. B. in der Atmosphäre).

[2]) Cf. Gauss' Werke, Band V, § 36 — § 41.

[3]) I terremoti d'Italia Torino 1901.

derselben hat Prof. G. Gerland eine kleinere sehr instruktive Karte der »Verteilung der Erdbebenthätigkeit in Italien« ausgearbeitet[1]), welche in drei Farbenabstufungen in Flächendruck diese vorführt. Aber auch die vierte Stufe, nämlich die weiss gebliebene Fläche, welche die seismisch immunen Gebiete umfasst, also diejenigen, in welche nur Bewegungen aus den benachbarten Gebieten übergreifen, ohne direkte Stösse, ist von Wichtigkeit. Prof. Gerland bemerkt erläuternd zu dieser Karte[2]) und zu der Karte nebst dem Erläuterungshefte Barattas folgendes:

„Die Grenzen der alpinen Erdbeben, sowie der mittlern seismischen Hauptzone der Halbinsel von Parma und Ferrara an über den nördlichen, den zentralen und südlichen Apennin bis zur Ebene des Krati, wie sie das vom Verfasser entworfene Kartenbild zeigt, stimmen im West und Ost sehr genau zu den Grenzen, welche Ed. Suess den Alpen und den Apenninen giebt, sehr genau ferner zu den Grenzen der eocänen und kretaceïschen Sedimente, wie sie die Internationale geologische Karte bringt, und vor allen Dingen, seine Darstellung beruht auf den Einzeichnungen Barattas, welcher das Beobachtungsmaterial zweier Jahrtausende aufs sorgfältigste verwertet hat. Vergleicht man nun die in Bezug auf Terraindarstellung doch gar zu nüchterne Karte Barattas mit Vogels prächtigen topographischen Blättern, mit der Internationalen geologischen Karte, so zeigt sich als wichtigstes Ergebnis die ausserordentlich grosse seismische Unruhe des Hauptgebirgs- und Höhenzuges der Apenninen, die viel lebhafter bewegt sind, als die Alpen, als die abgesunkenen, von so zahlreichen und mächtigen Vulkandurchbrüchen gestörten Westgegenden. Die Hauptschüttergebiete decken sich mit den ligurisch-etrurischen, dem römischen Apennin, dem Gran Sasso-Majella-Matesestock und gehen von letzterem, Apulien beiseite lassend, nach Calabrien und Sizilien. Dann der Gegensatz zwischen der Ost- und Westseite der Halbinsel; erstere, die Abdachung des Apennin, ist das bewegtere, die westliche, trotz des Abbruches, trotz der Vulkane, das ruhigere, ja stellenweise ganz immune Gebiet. Besonders merkwürdig ist das seismische Verhalten Calabriens. Zunächst ist auf die Immunität der Kratiebene, der breiten Senke zwischen dem südlichsten Eocänmassiv der Halbinsel und den krystallinischen Massen der Sila zu achten, dann aber ist die Immunität dieser krystallinischen Stöcke der Sila, des Pekoraro, des Aspromonte sehr merkwürdig, umsomehr, als sie ost- und westwärts von seismischen Gebieten umgeben und gerade die Erdbeben der calabrischen Westküste durch ihre besonders grosse Häufigkeit und Heftigkeit berühmt sind. Daher hat man fälschlich dem ganzen Calabrien eine so starke Seismizität zugeschrieben; Barattas Karte, richtig gelesen, beweist uns zum erstenmal die Irrigkeit dieser Ansicht ganz unwiderleglich.

Und auch sonst bietet Karte und Erläuterungsheft noch viel Interessantes: so, wenn Baratta aus dem Erdbeben Maltas, die stets mit denen des südöstlichen Siziliens übereinstimmen, auf den alten Zusammenhang der Insel mit Sizilien schliesst; so das Übergreifen der Beben in das adriatische, ligurische, tyrrhenische Meer. So ferner die geringe Seismizität der nordwestlichen Alpen, wo sich nur das Massiv des Montblanc hervorhebt; die grosse Ruhe Piemonts neben der Unruhe des östlichen Teiles der Poebene westlich und südlich des Gardasees und dieses Sees selber — Gegenden, die freilich einem sehr schicksalsreichen Teile der Alpen vorgelagert sind — und dann wieder die völlige Immunität der Euganeen, der Monti Berici. Auch die seismische Immunität Elbas und seiner Nachbarinseln ist

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. Tafel 20.
[2]) A. a. O. p. 270.

auffallend. Baratta weist zu ihrer Erklärung auf die grosse und rasch einsetzende Tiefe ($^1/_2$—1 *km*) des tyrrhenischen Meeres hin. Ich glaube, wir müssen auch an die krystallinische Beschaffenheit der Insel (Glimmerschiefer, Granit, freilich auch Porphyre und Ophite) denken und zum Vergleiche die krystallinen Massive Calabriens herbeiziehen. Dazu kommt aber noch ein sehr wichtiger Umstand: das seismische Verhalten Korsikas und auch Sardiniens, von welchen Inseln in den Terremoti nur ganz wenige Notizen gegeben werden. Mögen freilich hier manche, wohl auch starke Erdheben unbeobachtet bleiben und geblieben sein; viele der beobachteten Erschütterungen waren nur übertragene (von Ligurien, Algier), und jedenfalls ist die Seismizität beider Inseln viel geringer als die Italiens, sonst wären die Berichte reichlicher. Diese grössere Immunität beider grossen Inseln, die an Vulkanbildungen so reich sind, ist durchaus beachtenswert. Sie stimmt, wie auch die geognostische Beschaffenheit derselben, genau zu Elba. Um so wünschenswerter freilich wäre es, dass wir auch von Sardinien und Korsika öftere, womöglich regelmässige Nachrichten erhielten. Auch hier also zeigen sich die vulkanischen Gebirge seismisch nicht sehr rege, wie ja auch in Italien selbst die vulkanischen Distrikte das gleiche zeigen, vielleicht mit Ausnahme des Ätna, der übrigens, nach Barattas Karten, nur zu den sekundären Gebieten gehört. Der Volture und seine Umgebung sind freilich seismisch sehr stark bewegt, dies kann aber auch Folge der Erdhebenthätigkeit des dortigen Apenninenzuges sein, so dass der Volture nur passiv bewegt wäre."

Das Erdbeben von Agram am 9. November 1880 ist von E. G. Harboe auf Grund der von F. Wähner früher gesammelten Zeitangaben einer genauen Untersuchung unterzogen worden.[1]) Dieses Beben und seine Nachbeben sind durch die genauen Untersuchungen des österreichisch-ungarischen militärgeographischen Institutes über die Niveauveränderungen, welche dadurch hervorgebracht wurden, von ganz besonders hervortretender Bedeutung für das seismische Studium. Namentlich sind diese Untersuchungen durch den glücklichen Umstand wertvoll, dass gerade ziemlich unmittelbar vor der genannten Reihe von Erdbeben Präzisionsnivellements auf einer Linie »Agram-Jaska« (1879) und auf den Linien »Agram-Rann«, »Agram-Vrbovec« und »Agram-Lekenik« (1878) vollführt waren, so dass es durch diese Nivellements in Verbindung mit Präzisionsnivellements auf denselben Linien unmittelbar nach derselben Reihe von Erdbeben, und zwar 1885 und 1886, gelungen ist, die nur in der Erdbebenperiode entstandenen Niveauveränderungen zu finden. Von der ganzen Erdbebenreihe wird wieder das Hauptbeben am 9. November 1880 in Agram um 7 Uhr 27 Minuten 38 Sekunden Prager Zeit a. m. von besonderer Bedeutung, weil kein Vorbeben bemerkt wurde, und die Ursache der ganzen Erdbebenreihe folglich beim Hauptbeben in ihrer vollständigsten Entwickelung zugegen gewesen sein muss, indem die Nachbeben nur die Arbeit weiter vollführt haben können, die mit dem Hauptbeben angefangen war. Als der zuverlässigste Weg zur Erkennung der wahren Natur des Erdbebens hat Harboe so weit wie möglich nur die Wahrnehmungen,

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1900. 4. Heft 3—4. p. 406.

die direkt oder indirekt das betreffende Erdbeben angehen, berücksichtigt, während alle Vorstellungen, die man sich theoretisch oder auf andere Weise von Erdbeben gemacht haben mag, ausser acht gelassen werden.

Wenn man auf Grund der vorliegenden Zeitangaben in einer Karte die Orte, an welchen das Beben in denselben Momenten sich fühlbar machte, durch Linien verbindet, so erhält man sogenannte Zeitkurven (K. v. Seebachs Homoseisten), und wenn man die verschiedenen und in ungleichen Tiefen liegenden Punkte, von denen die Erdbebenwellen ausgehen, auf die Erdoberfläche projiziert denkt und durch eine Linie verbindet, so erhält man die vom Verfasser sogenannte Herdlinie. In der vom Verfasser entworfenen Karte zieht sich diese letztere von den dalmatischen Inseln durch Istrien, östlich von Triest auf Laibach zu, läuft von hier unmittelbar nördlich an Agram vorüber, wendet sich dann nordostwärts und zieht bis nahe in den Donauwinkel zwischen Komorn und Budapest. »Weil die Ursachen des Erdbebens, von welcher Art dieselben auch sein mögen, an den Stellen, wo die Entwickelung der Erdbebenwellen geschehen ist, zu suchen sind, so müssen sie sich längs der Herdlinie befunden haben. Die kurze Dauer, die der unmittelbar fühlbare Teil des Erdbebens an jedem einzelnen Orte gehabt hat, spricht dafür, dass die Herde sich nicht bedeutend seitwärts von der senkrechten Fläche durch die Herdlinie verbreitet haben können.«

Was nun zunächst die etwaigen Niveauveränderungen an der Erdoberfläche anbetrifft, so stehen für deren Ermittelung die trigonometrischen Messungen des österreichisch-ungarischen militärgeographischen Institutes in den Jahren 1816, 1855 und 1886 zu Gebote. Unter der Voraussetzung, dass der Mittelpunkt einer gewissen Verbindungslinie zwischen den Punkten S. Martin und Ivanik Turm seine Höhe unverändert bewahrt habe, giebt folgende Tabelle die unmittelbaren Niveauveränderungen:

Im Zeitraume	1816—1855	1855—1886
Agram, Domkirche	—2.63 *m*	+1.41 *m*
Agram, Markuskirche	—	+1.23 »
Bistra	—0.81 »	+1.33 »
Kozil	+0.73 »	+0.66 »
Plesivica	—0.30 »	+0.02 »
S. Martin	+0.04 »	+0.17 »
Ivanic Turm	—0.04 »	—0.17 »

Diese grossen Niveauveränderungen sind von den in der folgenden Tabelle angegebenen horizontalen relativen Verschiebungen der betreffenden Fixpunkte begleitet gewesen. »Weil man hierbei vorausgesetzt hat, dass die zwei Punkte Plesivica und Ivanic Turm ihren Platz unverändert bewahrt haben, was in sich nicht weniger als drei Voraussetzungen einschliesst, nämlich, dass der eine der zwei

Punkte seinen Platz, dass die Linie zwischen den zwei Punkten sowohl ihre Richtung und drittens auch ihre Länge bewahrt hat, wird man aus diesen Verschiebungen kaum etwas anderes schliessen können, als dass auch säkulare horizontale Bewegungen von einer eigentümlichen, ganz verworrenen Beschaffenheit in der Erdrinde stattgefunden haben.

Im Zeitraume	1816—1855	1855—1886
Agram, Domkirche	1.37 *m* gegen W 70.4° N	0.39 *m* gegen W 52.3° S
Agram, Markuskirche	—	0.51 » » W 64.4° S
Bistra	2.69 *m* gegen O 37.8° N	1.11 » » W 48.3° S
Kozil	1.56 » » W 35.1° S	0.19 » » W 86.3° N
S. Martin	0.58 » » W 18.1° N	0.37 » » O 7.7° N

Die Resultate der Nivellements des militärgeographischen Institutes 1878—1879 und 1885—1886 sind von Oberstleutnant F. Lehrl[1]) unter der Voraussetzung, dass der eine Endpunkt »Rann« der Linien seine Höhe unverändert bewahrt habe, dargestellt worden.

Es geht aus derselben hervor, dass die Niveauveränderungen in der Erdbebenperiode 1878—1879 bis 1885—1886 durchgängig so klein in Vergleich mit den durch die trigonometrischen Höhenmessungen für den Zeitraum 1855—1886 gefundenen Niveauveränderungen gewesen sind, dass man die letztern als allein im Zeitraume 1855 bis 1878—1879 entstanden betrachten kann, was deshalb vom Verfasser angenommen wird.

Das Vorkommen der erwähnten verworrenen Horizontalverschiebungen zeigt nach Harboe, dass die säkularen Bewegungen in der Erdrinde die tangentiellen Seitendrucke in derselben verändert haben, so dass sie entweder fortwährend vergrössert oder fortwährend verkleinert worden sind. »Hätten die Seitendrucke eine Verkleinerung erlitten, so wäre zunächst anzunehmen, dass die Erdbeben durch Brüche in der Erdrinde entstanden seien. In Gegenden, die wie die hier besprochenen nicht vulkanisch sind, dürfte dies jedoch sehr unwahrscheinlich sein. Die senkrechten Bewegungen müssten dann ausserdem in der Erdbebenperiode am grössten und nicht so klein wie im betrachteten Falle gewesen sein. Diese Annahme ist deshalb nicht zulässig. Die Annahme von einer Seitendruckvergrösserung in der Erdrinde erklärt dagegen vollständig alle die vorgefundenen Niveauveränderungen.«

Verfasser kommt zu dem Schlusse, »dass eine säkulare Senkung eine horizontale Zusammenpressung des Erdrindenmateriales längs der Herdlinie hervorgebracht hat, welche Zusammenpressung ihrerseits die Erdbeben verursachte. Weil die Erdbeben ohne Vergleich am stärksten und am beharrlichsten in und rings um Agram gewesen

[1]) Mitteilungen d. militärgeographischen Institutes 1895. 15. Wien 1896.

sind, muss die Zusammenpressung hier am stärksten gewesen sein und sich von hier aus am weitesten zu beiden Seiten der Herdlinie erstreckt haben. Sie nahm dann in beiden Richtungen stark ab, um zuletzt bei den Enden der Herdlinie allmählich zu verschwinden.«

Es liegt nach Harboe nahe, »die Herdlinie als die Axe des Senkungsgebietes zu betrachten, und unter genügender Rücksicht auf die speziellen örtlichen Verhältnisse, sowie auf Interferenzerscheinungen darf man schliessen, dass die Isoseismen die Grösse der vom Erdbeben verursachten Senkungen angeben.«

Schliesslich bemerkt Verfasser, dass, weil die Senkungen in den hier betrachteten Gegenden und weiter, soweit die periadriatischen Brüche reichen, sich von ihrem Anfange in der Tertiärzeit bis zur Jetztzeit fortgesetzt zu haben scheinen, es wohl nicht zu kühn sein dürfte anzunehmen, dass die Erdbeben in diesen Gegenden von jeher dieselbe Beschaffenheit wie die hier untersuchten hatten.

Die seismometrischen Aufzeichnungen in Strassburg 1895 und 1896 sind vom Prof. E. Rudolph bearbeitet worden.[1]) Es sind in dem Zeitraume vom Ende März 1895 bis Mitte März 1896 200 seismische Störungen aufgezeichnet. Im Verlaufe der Arbeit stellte sich die Notwendigkeit heraus, aus den Jahren 1889—1892 eine grosse Reihe von Störungen genauer als es von Dr. v. Rebeur bereits geschehen war, auszumessen. Ebenso mussten mehrere Störungen, die in Nikolajew und in Charkow 1894 registriert waren, auf die Festlegung der Phasen hin untersucht werden. Dieses reichhaltige Material wurde alsdann zur Ermittelung von seismischen Koinzidenzen mit einer grossen Zahl von Erdbebenverzeichnissen verglichen. Die in Betracht kommenden Störungen sind endlich übersichtlich zusammengestellt und bearbeitet worden. Auf diese Weise hat Prof. Rudolph ein gesichertes Beobachtungsmaterial zustandegebracht, wie es bisher für die in Betracht kommende Frage der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen noch nicht vorlag.

Über die geologischen Wirkungen des indischen Erdbebens vom 12. Juni 1897 verbreitete sich Johannes Walther[2]) auf Grund des von G. D. Oldham darüber gelieferten Berichtes. Der zerstörende Stoss erfolgte ohne jede Warnung an jenem Tage 5 Uhr abends, wobei den Angaben nach die Bewegung des Erdbodens 1—5 Minuten gedauert, und der Boden in Wellen von 1—3 Fuss Höhe geschwankt haben soll. Die dauernden Veränderungen der Erdoberfläche in Assam, dem Grenzgebiete zwischen der bengalischen Tiefebene und dem Himalaya sind es, welche wissenschaftlich von besonderer Bedeutung erscheinen. Jenes Gebiet gehört zu den

---

[1]) Gerlands Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 97.
[2]) Potoniés Wochenschrift 1901. N. F. Nr. 1. p. 2.

regenreichsten der Erde, aber alle Höhen sind von dichtem Walde bedeckt, wodurch die rasche Abtragung des tief ins Innere verwitterten Bodens hintangehalten wird. Durch das Erdbeben wurden in den Garobergen meilenweit fast alle Thalwände freigelegt, indem die Wälder zur Tiefe glitten. Die so von Vegetation entblösste Landschaft glich nun einer solchen in Colorado, die von Cañons durchschnitten ist. „Wir sehen hier also infolge der Wirkung eines nur wenige Minuten dauernden Erdbebens die Kraft der Erosion des Wassers ungeheuer gesteigert; in einem durch dichten Urwald geschützten, kumulativ verwitterten Gebiete werden Kubikkilometer abgetragen und als neue Gesteine in der Ebene abgelagert. Manche Ablagerungen aus ältern Erdperioden, wie die mächtigen Konglomerate des Oberrotliegenden in Thüringen mögen die Wirkungen solcher Erdbeben sein.

Viel interessanter als die in Gebäuden entstandenen Spalten sind die Klüfte, die sich während des Erdbebens im Boden gebildet haben. Zwischen Dirma und Dektu entstand eine etwa 20 *km* lange Dislokation, fast genau parallel einem dort fliessenden Wasserlaufe. Auf vorher ebenem Gebiete erschienen hier plötzlich Terrainstufen von mehrern Metern Höhe, so dass an mehrern Stellen grosse Wassertümpel abgedämmt wurden, an andern Orten Wasserfälle entstanden. Eine Verwerfung schnitt bei Samin eine durch den Wald führende Strasse, gerade an der Stelle, wo die Fundamente eines Hauses die Höhe der Verschiebung deutlich auf 3 *m* abschätzen lassen. Stellen, die vorher völlig eben waren, zeigen jetzt mehrere Meter hohe Böschungen, und sogar das Eisenbahngeleis bei Nilphamari wurde von einer etwa 2 *m* hohen Verwerfung geschnitten. Die dicke Decke von verwittertem Gesteine, die in Assam fast überall den anstehenden Felsen verbirgt, hat es vielfach unmöglich gemacht, diese Hebungen und Senkungen des Bodens überall deutlich zu verfolgen. Um so wichtiger war es daher, dass das Gebiet nach dem Erdbeben noch einmal trigonometrisch vermessen wurde. Hierbei hat sich ergeben, dass die Höhe einzelner Stationen um den Betrag von 17 und 24 Fuss sich verändert hatte. Gleichzeitig aber ergab diese Messung auch eine Anzahl so beträchtlicher Änderungen in der Lage der Dreieckspunkte, dass man auf eine horizontale Verschiebung einzelner Erdschollen schliessen muss. Die Station Landau Modo wurde um 12 Fuss nach NW verschoben, und die Entfernung zwischen diesem Punkte und der Station Mautherrichan verlängerte sich um $8^1/_2$ Fuss. Mehrfach konnte man diese Bodenbewegungen auch direkt beobachten. So wurden die Schienen bei Rangapara mehrfach zickzackförmig hin und her gebogen und gestaucht.

Verf. weist darauf hin, dass die Spalten (Diaklasen) im Gebirge, die keinem Gesteine fehlen, besonders aber die Sandsteine in regelmässige Quadern gliedern und die Zerklüftung der Granitberge bedingen, gegenwärtig noch vielfach auf die Abkühlung vulkanischer oder

Eintrocknung mariner Gesteine zurückgeführt werden, während es nach seiner Ansicht richtiger wäre, sie als die Wirkungen von Erdbeben zu betrachten, die im Laufe der geologischen Zeiträume kein Gebiet der Erde verschonten. Die vielen Spalten, die bei Erdbeben Häuser und Mauern durchsetzen, führen notwendig zu dieser Vorstellung. Auf diese Weise erscheint eine Anzahl weit verbreiteter Bildungen in der obersten Erdrinde als die Wirkung vorgeschichtlicher Erdbeben.

Die Fernbeben im Jahre 1897. Prof. E. Rudolph hat[1]) eine vergleichende Zusammenstellung der auf den Stationen Strassburg, Nikolajew, Charkow, Potsdam, Dorpat, Shide, Padua, Siena, Verona, Ischia, Catania, Rom, Rocca di Papa, Pavia, Portici, Mineo, Edinburgh, Florenz, Spinea, Laibach, Toronto registrierten mikroseismischen Störungen gegeben. Das von Jahr zu Jahr sich immer weiter ausdehnende Netz von seismischen Stationen und die damit stetig zunehmende Zahl von Beobachtungen mikroseismischer Störungen macht eine Zusammenfassung der eingehenden Beschreibungen in knapper und übersichtlicher Form zur Notwendigkeit. Erst in dieser Gestalt werden die zahlreichen und zum Teil sehr ausführlich gehaltenen Beschreibungen der Störungen für den einzelnen verwendbar. Gleichzeitig erhält man auf diese Weise wohl am besten einen klaren Überblick über die Verbreitung der seismischen Störungen über die Erde, sowie die Fortpflanzung der seismischen Wellen. Endlich — und das ist nicht der geringste Vorteil dieser Zusammenstellung — wird man sich aus dem verschiedenen Verhalten der mannigfachen Systeme seismischer Apparate den Störungen gegenüber ein Urteil über die Verwendbarkeit und den relativen Wert derselben bilden können.

Das Rudolfsche Verzeichnis besteht aus 16 Kolumnen, von denen 1—3 der Reihe nach die laufende Nummer, das Datum und die Namen der Stationen enthalten, auf welchen die Störungen registriert worden sind. Die Beobachtungsstationen sind bei jeder Störung so geordnet, wie sie nach dem Anfange der Störung aufeinander folgen. Kolumne 4—12 machen den Hauptteil der Tabelle aus und bringen die Anfangszeiten der Phasen einer jeden Störung, soweit dieselben vorhanden sind, ferner die Zeit für den Maximalausschlag der Störung und das Ende. Neben jeder Phase und ebenso neben dem Maximum ist die Amplitude und Periode der Schwingungen angeführt. Beide Angaben beziehen sich, soweit nicht besondere Ausnahmen gemacht sind, auf das Maximum der betreffenden Phase.

Bei den Horizontalpendeln mit optischer Registrierung ist es wegen der geringen Geschwindigkeit, mit der sich das lichtempfindliche Papier fortbewegt, nicht möglich, die Dauer der Schwingungsperiode anzugeben. Nur auf den von den schweren Pendeln gelieferten Seismogrammen, bei denen sich das Papier mit grosser Geschwindigkeit bewegt, lässt sich die mittlere Dauer der Schwingungsperiode berechnen. Die für beide Grössen, Amplitude und Periode, gegebenen Werte gelten für die ganze Amplitude, bezw. doppelte Schwingung.

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 1.

Nicht bei allen Störungen lassen sich drei Phasen unterscheiden, bei den kleinern, die wahrscheinlich von verhältnismässig nahen Beben herrühren, fehlt entweder die mittlere Phase, oder sie lässt sich wenigstens nicht mit Sicherheit nachweisen. In einem solchen Falle folgt auf die erste Phase der kleinen und schnellen Schwingungen unmittelbar diejenige, welche das Maximum der Schwingungen enthält. Wenn also der Reihenfolge nach diese Phase auch die zweite Stelle einnimmt, so ist sie in der Tabelle doch, eben wegen ihrer Verbindung mit dem Maximum der Störung, unter die 3. Phase, Kolumne 8 und 9, gesetzt. An dem Fehlen der Angaben für die 2. Phase, Kolumne 6 und 7 der Tabelle, erkennt man demnach mit ziemlicher Sicherheit, dass die Störung aus einem verhältnismässig nahen Epizentrum stammt. Alle Zeiten sind in MEZ gegeben, die Stunden von Mitternacht (0h) bis Mitternacht gezählt.

Das Verzeichnis umfasst 168 Nummern und enthält auch Angaben über den Ursprung, wenn derselbe sich mit Sicherheit nachweisen lässt. Hinsichtlich des makroseismischen Gebietes ist nur der Name des Landes angeführt, in welchem das Erdbeben verspürt worden ist. Die Ausdehnung der Schütterfläche genauer zu bestimmen, verbot die Rücksicht auf den Charakter der Tabelle und den beschränkten Raum. Das Epizentrum ist nur dann angegeben, wenn es sich mit einiger Sicherheit hat nachweisen lassen. Für manche andere Störungen wäre es vielleicht noch möglich gewesen, aus dem Vergleiche der Zeit des Eintreffens der seismischen Störung auf mehrern Stationen wenigstens die Richtung anzudeuten, aus welcher die Erdbebenwellen gekommen sein können. Verf. hat davon Abstand genommen, Vermutungen darüber auszusprechen, weil für den grössten Teil des Jahres 1897 nur europäische Stationen in Betracht kommen, und deren Zahl sowohl wie Verbreitung noch nicht derart ist, das man aus ihren Angaben einen sichern Schluss auf die Herkunft der Störung ziehen könnte. Erst seit Ende Dezember 1897 kommt als erste aussereuropäische Station Toronto hinzu, wo ein Horizontalpendel (System Milne) aufgestellt ist. Die grosse Verbreitung, welche der Apparat Milnes in den nächsten Jahren gefunden hat, wird künftig für eine grössere Zahl von Störungen die Bestimmung der Richtung, aus welcher die Erdbebenwellen gekommen sind, ermöglichen, als es bisher statthaft wäre.

Überblickt man die Nachweise und vergleicht ihre Zahl mit der Gesamtzahl der im Jahre 1897 verzeichneten Störungen, so fällt der geringe Prozentsatz der nachweisbaren Koinzidenzen zwischen den bekannten Erdbeben und den Störungen auf. Für das Jahr 1897 sind alle grössern Erdbebenkataloge, welche dem Verf. zugänglich waren, auf etwaige Koinzidenzen hin nachgesehen worden. Möglicherweise werden sich später noch mehr Koinzidenzen herausstellen. Immerhin wird für die weitaus grösste Zahl der Störungen der seismische Ursprung in Dunkel gehüllt bleiben. Es kann, sagt Prof. Rudolph nicht dringend genug betont werden, dass, soll die seismische Forschung weitere Fortschritte machen, das nächste Bedürfnis die Gründung von makroseismischen Beobachtungsstationen ist.

Der Hauptzweck, der in der Tabelle verfolgt ist, geht dahin, die Entwickelung der seismischen Störungen in ihren Hauptphasen vor Augen zu führen. „Schon vor mehrern Jahren hatte die seismologische Forschung zu der Erkenntnis geführt, dass bei allen grössern Störungen zwei Phasen deutlich hervortreten, die sich nach Amplitude und Periode der Bewegung wesentlich voneinander unterscheiden. Anknüpfend an die theoretischen Untersuchungen von Wertheim über die Wellenbewegung in festen und flüssigen Körpern stellte A. Cancani[1]) die Behauptung auf, dass die beiden Phasen auf zwei verschiedene Arten von Wellen, die longi-

[1]) Annali dell' Ufficio Centr. di Metcorol. e Geodinamica 1894. 15. (2) Parte I. p. 13—24.

tudinalen und transversalen zurückzuführen seien. Es war E. von Rebeur vorbehalten, zuerst den Nachweis zu führen, dass bei einzelnen besonders starken Störungen sich sogar drei Phasen unterscheiden lassen. So zerfällt die Störung, welche das grosse Hokkaido-Beben vom 22. März 1894 veranlasste, in drei deutlich getrennte Phasen.[1]) Bei einer genauern Durchsicht, welcher Prof. Rudolph darauf hin alle Horizontalpendelphotogramme aus den Jahren 1889—1893 unterzog, fand sich eine grössere Anzahl von Störungsfiguren, die sich durch ihren eigentümlichen Aufbau und die von Phase zu Phase stufenförmig zunehmende Schwingungsamplitude sofort als Wirkung eines Fernbebens kennzeichneten. Für mehrere derselben ist es ihm gelungen, die Koinzidenz mit einem Fernbeben nachzuweisen. In einer demnächst erscheinenden grössern Arbeit über seismische Störungen in den Jahren 1889—1897 wird er die Ergebnisse seiner Untersuchungen über diese Frage darlegen.

Bei seiner Untersuchung über das grosse indische Erdbeben im Jahre 1897 machte R. D. Oldham die Beobachtung, dass der Phase mit den schon früher bekannten langperiodischen Wellen zwei andere Phasen vorausgingen, von denen die erste den Anfang der Störung bezeichnete, die andere sich durch ein plötzliches Anwachsen der Amplitude bei gleichzeitiger Veränderung in der Periode der Welle anzeigte.[2]) Seine Vermutung, dass es sich hierbei nicht um eine zufällige, sondern um eine in der Natur der Bebenwellen begründete Erscheinung handle, fand Oldham bestätigt, als er auf diesen Punkt hin auch andere seismische Störungen der letzten Jahre untersuchte.[3]) In den beiden ersten Phasen haben wir es seiner Ansicht nach mit longitudinalen und transversalen Wellen zu thun, welche durch das Erdinnere gehen. Die dritte Phase, welche das Maximum der Bewegung bringt und aus Wellen von grosser Periode und Amplitude besteht, wird von Oldham auf Wellenbewegungen zurückgeführt, welche sich in der Erdrinde fortpflanzen. Demnach gäbe es bei den Fernbeben drei Arten von Elastizitätswellen. Auf die Frage der Wellentypen einzugehen, sagt Prof. Rudolph, liegt für mich hier keine Veranlassung vor. Was dagegen die Phasenbildung in den seismischen Störungen angeht, so bin ich durch meine Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, dass dieselbe sich bei jeder Störung nachweisen lässt, mag das Epizentrum des Bebens in mehr oder minder grosser Entfernung von der Beobachtungsstation liegen, mag die Intensität des Bebens grösser oder geringer sein". Von diesem Gesichtspunkte aus hat er in der Tabelle versucht, bei allen im Jahre 1897 registrierten Störungen die Phasen zum Ausdrucke zu bringen.

Das Erdbeben im Mäanderthal (Kleinasien) am 20. September 1899. Über dasselbe hat Dr. Franz Schaffer, der sich auf einer Reise im Auftrage der Wiener Gesellschaft zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung des Orients in Kleinasien befindet, genauere Nachrichten eingesammelt. Sein Bericht[4]) enthält im wesentlichen folgendes:

---

[1]) Petermanns Mitteilungen 1895. p. 13—21. 39—40. Beiträge zur Geophysik II. 1895. p. 508—513.

[2]) The Great Indian Earthquake of 1897. Memoirs of the Geol. Survey of India 1899. **29.** p. 370.

[3]) On the propagation of earthquake motion to great distances. Philosophical Transactions Roy. Society of London. Series A. 1900. **194.** p. 135—174.

[4]) Mitteilung der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien **43.** p. 221 u. f.

»Die Hauptquelle meiner Darstellung ist das Technische Bureau der Ottomanischen Eisenbahn Smyrna-Dineir, dessen Ingenieure mir in liebenswürdigster Weise alle wünschenswerten Auskünfte gaben. Von grossem Werte waren für mich auch die Daten, die mir Seine Hochwürden Prof. Jung vom Collége Français du Sacré Coeur zu liefern die Güte hatte. Was ich sonst noch über das Ereignis erfuhr, ist meist von so unbestimmter oder zweifelhafter Natur, dass ich von seiner Verwenduug absehen musste.

Wohl war es meine Absicht, dem Schauplatz der Katastrophe einen Besuch abzustatten, aber ich unterliess ihn auf Anraten einiger Ortskundigen, die mir versicherten, dass jetzt von all den tektonischen Erscheinungen im Terrain kaum etwas Bemerkenswertes mehr zu sehen wäre, das die lange Reise lohne. Die heftigen Winterregen und das Nachsitzen des Erdbodens hätten fast alle Spuren verwischt. Ich sah also von einem Versuche, das Schüttergebiet selbst zu studieren, ab und bedauere nur lebhaft, dass die Gegend nicht unmittelbar nach der Katastrophe von fachmännischer Seite untersucht oder auch nur die Schäden des Bahnkörpers, der Strassen und der Wohnstätten von wissenschaftlichem Standpunkte aus aufgenommen wurden.

Am 20. September 1899 wurden die Einwohner von Smyrna in den frühesten Morgenstunden durch eine heftige Erdbewegung aus dem Schlafe geweckt. Der Boden zitterte, die Wände bebten, die Fenster klirrten, und Bilder und Lampen gerieten in schaukelnde Bewegung. Einer meiner Gewährsmänner bemerkte, dass sich das Wasser aus dem Waschbecken ergoss. Der Seismograph des Collége Français du Sacré Coeur verzeichnete um 4 Uhr 5 Min. eine 41 Sekunden dauernde, heftige Bewegung des Bodens mit einer Anfangsrichtung von SW nach NO. Wie aus den von dem seismographischen Originale genommenen photographischen Kopien zu ersehen ist, herrschte im ganzen keine bestimmte Stossrichtung vor. Die nach allen Himmelsrichtungen verlaufenden Elongationen besitzen fast durchwegs annähernd gleiche Amplituden und schneiden sich grösstenteils im Zentrum. Doch nehmen einige Kurven des Linienknäuels einen winkelig peripherischen Verlauf. Leider ist die Stärke der Vergrösserung des Seismogrammes nicht zu ermitteln. Das empfindliche Instrument ist seit der Katastrophe — also seit über fünf Monaten — nicht zur Ruhe gekommen und zeigt fortwährend ein leichtes Erzittern des Bodens an.

Was ich über die Erscheinungen im Gebiete der Verheerungen erfahren konnte, ist nicht viel. Über die Katastrophe selbst waren keine bestimmt lautenden Nachrichten zu erfragen. Die Mehrzahl der davon Betroffenen wurde im Schlafe überrascht, und in der allgemeinen Verwirrung dachte jeder nur an die Rettung seines eigenen Lebens, wenn überhaupt jemand unter den Hunderttausenden die bei der Beobachtung eines Bebens zu berücksichtigenden Punkte

kannte. Die heftige über 40 Sekunden dauernde Erschütterung legte ganze Ortschaften, ganze Stadtviertel in Trümmer; die nachfolgenden Stösse waren schwach, wenngleich noch nach mehrern Wochen fühlbar. Auch jetzt soll der Boden noch öfters leicht erzittern. Über Zahl, Stärke und Richtung der Stösse liegen keine Nachrichten vor. Die erste verheerende Erschütterung dürfte aber, nach der Dauer und den Folgen zu schliessen, zu den heftigsten seismischen Bewegungen zu rechnen sein, die die neuere Zeit zu verzeichnen hat.

In und um Smyrna wurde kein nennenswerter Schaden verursacht. Einige Häuser zeigten wohl feine Sprünge, aber das war auch alles. Nichtsdestoweniger war die Bestürzung, die die Stadt ergriff, eine gewaltige. Man fürchtete nachfolgende Stösse, die verhängnisvoll werden konnten. War doch die Stadt schon mehrmals von Erdbeben heimgesucht, ja schon ganz zerstört worden. Aber noch eine andere Überlegung vermehrte die allgemeine Unruhe. Ein grosser Teil der Stadt und gerade die neuen Bauten am Strande ruhen auf künstlichem Untergrunde, der in den siebziger Jahren beim Baue der Quais aufgeschüttet worden war. Es lag nun der Gedanke nahe, die ganze Masse könnte bei dem ziemlich bedeutenden Neigungswinkel des Meeresbodens, der das Anlegen selbst grosser Schiffe gestattet, leicht zur Tiefe absinken, wie es bei Erderschütterungen schon anderwärts der Fall war. Doch es erfolgten keine weitern bedenklichen Stösse.

Nach übereinstimmenden Mitteilungen beginnen die Zerstörungen erst, wo die Bahn das Gebirge durchbricht und in das von jungen Alluvien erfüllte Thal des Menderez tritt.

Das Mäanderthal wird im N vom Güme Dagh (Messogis) und Ak Dagh, die in WO-Richtung streichen, begrenzt. Der Güme Dagh biegt im W gen SW ab und findet jenseits der von der Eisenbahn benutzten Thalfurche im Samsun Dagh seine Fortsetzung. Ein weiteres Glied dieser Kette bilden die Höhenzüge der Insel Samos. Die südliche Thalseite bilden die niedern Carischen Berge, die vom Beschparmack Dagh bis zum Baba Dagh eine Reihe WNW bis OSO verlaufender Rücken bilden. Die bedeutendste Erhebung in diesem Gebiete ist das Baba Dagh mit 7776 engl. Fuss.

Zwischen diesen Höhenzügen erstreckt sich das Thal des Mäander in OW-Richtung von Seraikiöi (Sarakiöi) bis Sokia (Seuké). Bei Sokia wendet sich der Fluss parallel dem Streichen des Samsun Dagh nach SW. Bei Seraikiöi, wo er den alten Lycus aufnimmt, endet sein Oberlauf; er verlässt hier das Gebirge und tritt in die Ebene, die sich den Lycus aufwärts bis über Denizli und Laodicäa erstreckt. Auf diesen ca. 150 *km* breiten Landstrich waren die Verwüstungen vom 20. September ausnahmslos beschränkt. Die Erschütterung wurde wohl in dem ganzen südwestlichen Teile der Halbinsel heftig verspürt, ohne aber weitern Schaden anzurichten. Die ärgsten Verheerungen erlitten die Orte Aidin, Nazly, Seraikiöi

und Denizli. Von einem Zentrum des Bebens zu sprechen, ist in diesem Falle wohl unzulässig, da kein Punkt grösster Heftigkeit und keine ausgesprochene Stossrichtung zu konstatieren sind. Die Spuren der Erdbewegung sind längs dem ganzen Thale gleich bedeutend gewesen; dass aus grössern Orten die Nachrichten zahlreicher einliefen und von ärgern Verwüstungen berichteten als aus dem schwach bevölkerten offenen Lande, ist natürlich. Es lässt sich daher daraus kein Schluss auf das Intensitätszentrum ziehen. Auch die Richtung der Stösse scheint, nach den Aufzeichnungen des Seismographen und der ganz regellosen Orientierung der Sprünge und der Einstürze zu urteilen, keinem einheitlichen Gesetze unterworfen gewesen zu sein. Es stimmt dies alles sehr wohl mit der aus den tektonischen Erscheinungen resultierenden Erkenntnis der terrestrischen Vorgänge überein, zu deren Rekonstruierung ich nun schreite.

Südlich vom Güme Dagh bei Deirmendschik machten sich die ersten Schäden am Bahnkörper bemerkbar. Es waren dies Brüche, die das Terrain nach verschiedenen Richtungen durchsetzten. Von Aidin bis Iliadzi war die Trace an mehrern Stellen stark beschädigt. Hier verliefen parallel dem Fusse des Gebirges mehrere Verwerfungen, an denen das Land abgesunken war. Die Sprunghöhe betrug 1.5 bis 2 *m*. Eine dieser offenen Spalten besass eine länge von 4 engl. Meilen. In der Stadt Aidin selbst war die Verwüstung entsetzlich. O—W und SO—NW streichende Brüche durchsetzten den Boden, und ganze Strassenzeilen hatten sich in grabenartigen Vertiefungen um 2 *m* gesenkt. Von Aidin bis Denizli war der Bahnkörper an über 30 Punkten von der Zerstörung betroffen worden. Es handelte sich meist um Senkungen und Hebungen bis zu mehrern Fuss und um seitliche Verschiebungen, die den Schienenstrang bald in Kurven, bald in zickzackförmige Linien umgeformt hatten. Oftmals waren die horizontal und die vertikal wirkenden Kräfte vereint thätig gewesen.

Sehr verwickelt gestalteten sich die Veränderungen der Eisenbahnbrücke bei Karatasch in der Nähe von Seraikiöi. Die eiserne Brücke überschreitet in O—W-Richtung mit mehrern Öffnungen den Mäander, dessen weites Bett nur zur Regenzeit grössere Wassermengen führt. Einige der Pfeiler waren um mehrere Zoll gesenkt und nach N oder S verschoben. Die ganze Brücke hatte ausserdem eine etliche Fuss (!) betragende Verschiebung nach W erfahren.

Mehrere Beispiele sind bekannt, dass eine Entfernung von wenigen Metern genügte, um die Zerstörung des einen und die Erhaltung des andern Objektes zu bewirken. In Denizli wurde ein ebenerdiges Haus ganz von seinen Grundmauern weggerückt und daneben hingestellt. An andern Gebäuden versank ein Streifen der Mauer, und die Seitenstücke und das Dach blieben erhalten.

Manche Klüfte sollen eine ganz bedeutende Ausdehnung besessen haben. Eine Erdspalte klaffte 1 *m* weit und war an 20 *m* tief. (?)

Die Mehrzahl schloss sich später wieder. Längs der an der nördlichen Thalseite dahinziehenden Bahnstrecke wurden allenthalben Staffelbrüche bemerkt. Die tektonischen Vorgänge an der südlichen Thalseite sind wenig bekannt geworden, da dieser Landstrich weniger dicht bevölkert ist, und alle grössern Orte an dem rechten Flussufer liegen.

Von einer heftigen Bewegung der See, von einer Veränderung des Flusslaufes oder der zahlreichen heissen Quellen, die das Mäanderthal begleiten, wusste keine der mir gemachten Mitteilungen zu berichten.

Dass es auch nicht an phantasiereichen Ausmalungen der Thatsachen fehlte, zeigte, dass ein Türke erzählte, er wäre auf seinem Esel über Land geritten, als der Boden zu beben begann. Da habe sich die Erde geöffnet und sein Reittier verschlungen. Dass das erschreckte Grautier ihn abgeworfen habe und davon gelaufen sei, ist, glaube ich, viel wahrscheinlicher.

Wenn wir die terrestrischen Erscheinungen, die das Mäanderthalbeben zur Folge hatte, vom geotektonischen Standpunkte betrachten, finden wir, dass sie mit dem orographischen Bilde des Gebietes in vollem Einklange stehen und uns einen Schluss auf dessen geologischen Bau gestatten. Das Beben war auf die Thalebene beschränkt, und nur unwirksame Erschütterungen machten sich über ein weiteres Areal fühlbar. Das Gebiet der Verwüstungen war bei ca. 150 *km* Länge nur etwa 10 *km* breit. Dem Bergfusse entlang bildeten sich Brüche, an denen das Land in Schollen zertrümmert absank. Die Länge der ersten Erschütterung, ihre ziemlich gleichmässige Stärke an der ganzen Linie, die unorientierten Richtungen der Stösse und die scharfe Begrenzung des Schüttergebietes weisen darauf hin, dass wir es mit einem tektonischen Beben, mit einem Senkungsbeben zu thun haben. Vor unsern Augen ist ein Stück der Erdoberfläche zur Tiefe gesunken, haben sich Spannungen im Erdgerüste ausgelöst, sind tektonische Kräfte frei geworden und haben wieder das Angesicht der Erde verändert, wie sie es in diesem Gebiete seit Äonen schon gethan. Ihren Spuren begegnen wir hier allenthalben. Vulkanische Felsarten besitzen, soweit der geologische Bau des Landes bekannt ist, eine bedeutende Verbreitung, und zu beiden Seiten des Mäanderthales begleiten zahllose heisse Quellen den Fuss der Berge. Bei Iliadzi, Kujudschak, Ortaktsche, westlich von Seraikiöi und an zahlreichen Punkten an der südlichen Thalseite treten heisse Quellen zu Tage, die grösstenteils schon den alten Römern zur Anlage von Bädern dienten. Die Krone dieses Thermengebietes sind aber die Kaskaden von Hierapolis (heute Pambuk-Kalessi = Baumwollschloss), deren laues Wasser die herrlichen, blendendweissen Sinterterrassen aufgebaut hat, die wohl nur mit den Bildungen des leider bereits der Vergangenheit angehörenden Tetaratasprudels in Neuseeland in eine

Linie gestellt werden können, und die dem Orte den heutigen Namen gegeben haben.

Die Geschichte liefert uns zahlreiche Nachrichten über verheerende Erdbeben, die diesen Landstrich heimgesucht haben. Ephesus wurde im Jahre 29 n. Chr. zerstört, das alte Tralles (jetzt Aidin) öfters, am ärgsten unter Augustus, von Erdbeben heimgesucht. Laodicäa (bei Denizli) wurde unter Nero dem Erdboden gleich gemacht, und Smyrna 178 und 180 n. Chr. von Erderschütterungen arg mitgenommen. Auch in spätern Zeiten ist der gesegnete Boden des Mäanderthales oft der Schauplatz seismischer Erscheinungen gewesen.

Aus dem Wirken der heute noch wachen tektonischen Kräfte und gestützt auf die Spuren einer alten vulkanischen Thätigkeit und auf den orographischen Bau des Gebietes drängt sich uns der Gedanke auf, dass wir das Thal des Mäanderflusses als eine Grabensenkung ansehen müssen, die heute wohl in ihrer Anlage fertig ist, an deren Vertiefung aber die terrestrischen Kräfte noch arbeiten. Ein Streifen Landes von 150 *km*, wenn wir das nach SW gewendete Stück des Unterlaufes dazurechnen von 200 *km* Länge, ist an parallelen Brüchen zur Tiefe gesunken und in ein Trümmerwerk von Schollen zerbrochen worden. Dieser Zertrümmerung des Bodens könnte man vielleicht auch den ganz eigentümlich geschlängelten Lauf des Flusses zuschreiben, der schon das Interesse der Alten geweckt und der bekannten Linienzierat den Namen gegeben hat. Das Gefälle von 150 *m* auf ca. 200 *km* ist zu bedeutend, als dass die so mannigfachen, zum Teil rückläufigen Krümmungen des Flusses in der Trägheit der Störung ihren Grund haben könnte.«

Das Erdbeben von Palombara-Sabina am 24. April 1901. Nach einem Bericht von Dr. L. Palazzo[1]) fand dasselbe statt 15^h 20^m 25^s m. Zeit v. Rom, und die Erschütterung dauerte etwa 5—6 Sekunden. In Palombara waren die Erschütterungen ziemlich stark, die Verheerungen jedoch grösser in den Ortschaften Stazzano und Cretone. »In einer Entfernung von 1 *km* von Cretone und 6 *km* von Palombara und Stazzano befindet sich eine Schwefelquelle, welche auch viel Kalksalze gelöst enthält und etwa $^1/_4$ *cbm* Wasser in der Sekunde liefert. In der Nähe dieser Quelle äusserten sich die geodynamischen Kräfte am stärksten: Menschen, sowie Tiere sind zu Boden geschleudert worden, vielen Bäumen wurden die Zweige abgebrochen, die dann infolge der starken Erschütterung weit fortgeschleudert worden sind. Auch das Getöse schien aus der Gegend der Quelle zu kommen. Alles führt darauf, dass wahrscheinlich auch dort das Epizentrum zu suchen sein wird, und dass vielleicht ein Zusammenhang zwischen der Quelle und dem gegen-

[1]) Die Erdbebenwarte 1901. 1. No. 8, p. 98.

wärtigen Erdbeben besteht. Die Hypothese ist in der That verlockend, dass die Schwefelquelle, welche in grossen Massen kohlensauren Kalk absondert, aus tiefer gelegenen Kalksteinschichten hervorkommt, den Kalkstein aus jener Tiefe beständig fortführt, wodurch dort Gänge und Höhlungen entstanden sind, die endlich zum Teil ihre sichere Stütze verlieren und infolgedessen einbrechen, was dann Bodenerschütterungen verursacht. Nach dieser Hypothese wäre dieses Beben infolge Setzungen von Erdschichten entstanden und somit ein tektonisches. Man kann auch annehmen, dass an der Entstehung des unterirdischen Donners irgendwie auch das Schwefelwasserstoffgas Anteil nimmt, welches in der Quelle enthalten ist. Die Temperatur der Quelle ist nach den Beobachtungen des Prof. Cancani etwa um 12° höher als die Jahresdurchschnitts-Temperatur des Ortes gelegen, so dass man den Ursprung der Quelle mit Rücksicht auf die geothermische Tiefenstufe kaum tiefer als auf 500 *m* verlegen kann. Angenommen nun, dass von der Stelle, aus welcher die Quelle stammt, auch die Erdbeben kommen, so könnte der Schluss gezogen werden, dass der Herd dieses Bebens sehr seicht gelegen ist, wofür auch die engbegrenzte Zone der stärksten Erschütterung spricht.«

»Es verdient hervorgehoben zu werden, dass trotz der, man könnte sagen, oberflächlichen Lage des Herdes und geringen Ausdehnung der Hauptschütterzone das Beben vom 24. April l. J. um $15^h\ 20^m$ doch auf grosse Entfernungen hin sich fortgepflanzt hat, d. i. bis Casamicciola und Padua.«

Das schlesische Erdbeben am 10. Januar 1901. Dasselbe übertrifft an Ausdehnung das mittelschlesische Erdbeben vom 11. Juni 1895 bei weitem. Damals wurde ein Gebiet von 25000 *qkm* Grösse, umfassend den grössern Teil von Schlesien (im wesentlichen Mittelschlesien) und die angrenzenden Teile von Böhmen, Mähren und Österreich-Schlesien durch ein Erdbeben erschüttert. Das Beben war tektonisch, d. h. durch eine unterirdische Gesteinsverschiebung hervorgerufen: ein Gebirgsstück zwischen Strehlen und Reichenbach, im geologischen Sprachgebrauche eine »Scholle«, d. h. eine der vielen Stücke, in die die Sudeten und ihr hügeliges Vorland durch zahlreiche Brüche zerschnitten sind, erlitt am genannten Tage um 9 Uhr 28 Minuten vormittags eine (wahrscheinlich im vertikalen Sinne verlaufende) Bewegung, die sich in die weitere Umgebung fortpflanzte. Es liessen sich zwei Zentren mit grösster Stärkewirkung unterscheiden, ein grösseres um Strehlen und ein kleineres um Reichenbach, um welche annähernd konzentrische Zonen schwächerer Wirkung und spätern Eintretens des Erdbebens liegen. Um 9 Uhr 10 Minuten erreichte das Erdbeben Schmiedeberg, Jauer, Zobten und Kattern, um 9 Uhr 31 Minuten Breslau, um 9 Uhr 32 Minuten Hirschberg und Kunitz bei Liegnitz, um 9 Uhr 33 Minuten Leobschütz, noch etwas

später Bernstadt. Sehr bemerkenswert ist ein Gebiet geringerer Erschütterung zwischen den beiden Zentren, das die bewegte Scholle selbst darstellt und die Gegend von Nimptsch und Frankenstein umfasst.

Nach dem Werke des Landesgeologen Dr. Dathe in Berlin: »Das schlesisch-sudetische Erdbeben vom 11. Juni 1895«, waren damals die äussersten erschütterten Orte im Westen Schreiberhau, Landeshut und Ostroy bei Neustadt a. d. Mettau in Böhmen; im Süden Rybney in Böhmen, Goldenstein in Mähren und Lindewiese in Österreich-Schlesien; im Osten Endersdorf in Österreich-Schlesien, Ringwitz bei Friedland OS., Theresienberg bei Schurgast, Pontwitz bei Öls; im Norden Breslau, Kunitz bei Liegnitz und Hirschberg. In dem so umgrenzten Gebiete wurden die Erschütterungen und Wirkungen in 603 Orten wahrgenommen. Dr. Dathe unterscheidet ein Hauptschüttergebiet und drei Nebenschüttergebiete, die durch nicht erschütterte Gebiete voneinander getrennt werden. Das Hauptschüttergebiet liegt in den mittlern und südlichen Sudeten, so dass das Waldenburger Gebirge, das Eulengebirge, das Warthagebirge, das Reichensteiner Gebirge, das Habelschwerdter Gebirge und die schlesische Bucht bis zur Oder ihm zugehören. Neurode liegt an der Westgrenze des Haupterschütterungsgebietes, aber trotzdem war 1895 dort die Erschütterung nur mittelstark. Die Richtung des Stosses wurde als von unten kommend empfunden und die wellenförmige, nachfolgende Bewegung meist von Ost nach West verlaufend angegeben.

Angaben über die äussere Grenze des diesmaligen schlesischen Erschütterungsgebietes lehren, dass im Riesengebirge die Gegend der Spindlerbaude am meisten erschüttert wurde.

Erdbeben im östlichen Mittelmeere am 31. März 1901. Ein ziemlich starkes Erdbeben wurde um 8 Uhr 15 Minuten vormittags fast gleichzeitig in Rom, Casamicciola, Padua, Catania, Florenz, Konstantinopel und Benevent wahrgenommen. Alle Instrumente der Erdbebenwarte an der Oberrealschule in Laibach verzeichneten um 8 Uhr 12 Minuten vormittags eine ausnehmend starke seismische Bewegung, die über eine Stunde lang die Instrumente in Unruhe erhielt. Der Charakter der Bodenbewegung war langsam und schaukelnd; unmittelbar für den Menschen jedoch nicht wahrnehmbar. Die verschiedenen, deutlich ausgeprägten Bebenbilder wiesen auf eine ferne Bebenkatastrophe hin. Nach den ersten Bewegungen, die sich auf den Instrumenten eingezeichnet haben, schien der Ursprungsort etwa am Ägäischen Meere zu sein. An den Stationen Triest und Pola wurden um die gleiche Zeit ausnehmend starke seismische Bewegungen verzeichnet. Am stärksten wurde das Erdbeben in Konstantinopel verspürt. Der Erdstoss verursachte im Palais Dolma Bagdsche, wo eben zum Beiramfeste in Gegenwart des Sultans die Zeremonie des Handkusses stattfand, eine grosse

Panik. Da bei der Defilierkur im Prunksaale 3000 Personen anwesend waren, so hätten ohne Zweifel Hunderte ihr Leben im Gedränge eingebüsst, wenn der Sultan dem Rate einiger Personen seiner Umgebung Folge geleistet hätte und in den Palastgarten geflüchtet wäre. Bei dem Erdstosse klirrten die mächtigen Kronleuchter scharf aneinander, die riesigen Säulen wankten, und von der Decke löste sich ein grosses Mauerstück ab. Die Erdbewegung hat sich am 2. April in Südungarn und Belgrad wiederholt. Am stärksten machte sich das Erdbeben in dem Gebiete zwischen Belgrad und Temesvar bemerkbar. Die Mauern zahlreicher Häuser bekamen infolge der Erdstösse Risse, von vielen Häusern stürzten die Kamine auf die Strassen.

Erdbeben auf Island. Der berühmte isländische Forscher Th. Thoroddsen veröffentlichte in den Geographischen Mitteilungen seine Untersuchungen über die starken Erdbeben, die im August und September 1896 das südliche Tiefland von Island verwüstet haben. Dass dabei nur vier Menschenleben verloren gingen, ist lediglich dem Umstande zuzuschreiben, dass Island nur sehr dünn bevölkert ist, und die eigentümliche Bauart der dortigen Häuser den Bewohnern einen Ausweg ins Freie gestattete, bevor die Gebäude zusammenstürzten. In einem Bezirke wurden von 588 Gehöften 86 gänzlich zerstört und 427 mehr oder weniger beschädigt, in einem andern Bezirke blieben von 699 Gehöften nur 2 unversehrt. Die Erderschütterungen wanderten von Ost nach West, die verderblichsten Stösse waren fünf an der Zahl und erfolgten in der Zeit vom 26. August bis 10. September. Während der Beben war die Erdoberfläche häufig in vollständiger Wellenbewegung, so dass weder Mensch noch Tier aufrecht stehen konnte. Ein auf einem Basaltrücken stehender Pfarrhof wurde so erschüttert, dass ein 2 *m* hoher Kachelofen 7.5 *m* weit fortgeschleudert wurde, und die auf dem Erdboden liegenden Leute sich nicht halten konnten, sondern den Abhang hinuntergeworfen wurden. Die Erdbebenwellen gingen von dem die Tiefebene umgebenden Halbkreise von Bergen aus; auf dem Hochlande waren die Erschütterungen schwach, an vielen Punkten dort wurden sie garnicht gespürt. Bevor ein Stoss erfolgte, wurde meist ein sausender Laut, oft auch Knall und Gedröhne und anhaltender Lärm in der Erde gehört. Die Berge schüttelten grosse Steinmassen ab, so dass viele Bergstürze erfolgten. Ein isoliert aus der Ebene bis 227 *m* Höhe aufsteigender Berg, namens Skardsfjall, schüttelte sich wie ein Pudel, der aus dem Wasser kommt; er wurde vielfach zerspalten, und die dicken Erdschichten, welche seine Abhänge bedeckten, wurden herabgerissen, so dass sie sich in grossen Haufen am Fusse des Berges sammelten. In mehrern Landschaften entstanden meilenlange Spalten, und auf verschiedenen derselben entstanden grosse, trichterförmige Löcher. Wo diese Spalten sich durch Seen und Sümpfe zogen, verschlangen

sie deren Wassermassen. Viele unter den zahlreichen warmen Quellen des betroffenen Gebietes erlitten Veränderungen. Eine neue warme Quelle entstand nach einem heftigen Stosse unter gewaltigem Brüllen und Pfeifen, wobei sie Wasser, Dampf und Steine 200 *m* hoch emporschleuderte. Ihre Ergiebigkeit hatte jedoch nicht lange Bestand, und als Thoroddsen im Juni 1897 die Stelle besuchte, fand er ein ruhiges, mit heissem, klarem Wasser angefülltes Becken. Die weltbekannten Geysire erlitten verschiedene Änderungen; der 1789 entstandene Springquell, der unter dem Namen Strokkor bekannt ist, stellte seine Thätigkeit völlig ein. Später hat der Geysir neue Kraft gewonnen und häufigere und höhere Ausbrüche gehabt. Mehrere kalte Quellen verschwanden, und neue bildeten sich an andern Stellen. Die Vulkane Hekla, Katla und benachbarte verhielten sich zu dem Erdbeben völlig passiv. Es scheint, dass die von dem Erdbeben heimgesuchte Ebene in der Tiefe unter dem Boden in verschiedene Stücke zerteilt ist, und die fortgesetzten Bewegungen in diesen Querlinien, sowie die Verschiebungen zwischen den einzelnen Stücken scheinen nach Thoroddsen die Ursachen der zahlreichen Erdbeben dieser Gebiete zu sein.

Über Schwingungsart und Weg der Erdbebenwellen hat Dr. W. Schlüter eine bemerkenswerte Studie veröffentlicht.[1] Er findet, dass man bis jetzt über das Wesen der aufgezeichneten Bewegungen nur ein einziges Resultat erhalten hat, nämlich Grund zur Vermutung, dass die Vorläufer die direkt durch die Erde hindurch sich fortpflanzenden, longitudinalen Schwingungen sind. Darüber hinaus ist man, wie Schlüter betont, trotz vieler Bemühungen nur gekommen zur Äusserung oft sehr vager Ansichten und Hypothesen. Die Debatte, sagt er, dreht sich immer besonders um einen Punkt: Sind die langen Wellen Neigungswellen oder ein horizontales Hin- und Herschwingen des Bodens? Dabei fasst er stets unter dem Namen Neigungswellen alle jene Erdbebenbewegungen zusammen, welche die Normale der Erdoberfläche gegen die Schwererichtung periodisch schwanken machen, d. h. jene Wellen, welche der Erdoberfläche ein dem wogenden Meere ähnelndes Aussehen verleihen. Es brauchen dies, wie er betont, nicht immer etwa Gravitationswellen zu sein, auch nicht die Cancanischen elastischen Transversalschwingungen oder die Volgerschen Fallwellen, ihre Entstehung sei auch noch auf andere Weise möglich. Es lässt sich nämlich sehr wohl denken, dass Verdichtungswellen durch die auf zähflüssiger Unterlage ruhende Erdrinde tangential hindurchziehen. Infolge des als Begleiterscheinung notwendigerweise auftretenden Ausweichens der Masse in seitlicher, d. h. vertikaler Richtung werde gleichzeitig ein Wellenzug von Berg und Thal über die Erdoberfläche dahineilen. Die Entscheidung der

[1] Inaugural-Dissertation Göttingen 1901.

Frage, ob Neigungswellen oder nicht, ist aber nur möglich auf Grund instrumenteller Beobachtung. Dass dies bisher nicht gelungen, liegt nach Dr. Schlüter an einer schon von andern erkannten prinzipiellen Eigentümlichkeit sämtlicher Apparate, nämlich darin, dass sie durch Neigungen und durch horizontales Hin- und Herschwingen gleicher Weise in Bewegung gesetzt werden. Man kann also aus den Aufzeichnungen nicht erkennen, welche von beiden Bewegungsarten vorhanden gewesen, oder ob etwa beide zusammen thätig waren.

Hier setzte nun Dr. Schlüter ein. Indem er sich darüber klar wurde, dass alle bisher bekannten Seismographen im Prinzip aus einer Masse bestehen, die um eine feste Drehungsaxe drehbar ist, wurde er im August 1898 auf den Gedanken geführt, die Trennung der beiden Bewegungsarten lasse sich erreichen, wenn man den Massenmittelpunkt in die Drehungsaxe verlegt. Man denke sich, sagt er, einen beliebig starren Körper drehbar um eine durch seinen Schwerpunkt horizontal hindurchgehende Axe, so hat man damit das Prinzip eines Apparates, welcher das Problem zu lösen im stande ist. Die Horizontalschwingungen, ob longitudinal oder transversal, überhaupt alle Parallelverschiebungen im Raume, wirken nicht mehr ein, es wirken nur noch die wechselnden Neigungen, und zwar so, dass die Masse im Raume stationär bleibt, während sich die Erde relativ zur Masse bewegt. Der Apparat begnügt sich also nicht damit, festzustellen, ob überhaupt Neigungen bei einem Erdbeben vorkommen, er sondert sie vielmehr auch von allen andern Bewegungsarten ab und zeichnet sie auf. Mit Rücksicht auf die ursprüngliche Bestimmung des Apparates, Neigungen anzugeben, hat Dr. Schlüter ihm die Bezeichnung Klinograph gegeben. Der Apparat ist aber nicht ausschliesslich als »Neigungsschreiber« verwandt worden, es gelang vielmehr, ihn auch noch für andere Zwecke der Seismologie dienstbar zu machen, worüber Dr. Schlüter später berichten wird.

Bezüglich der genauen Beschreibung des Apparates muss auf die Abhandlung Schlüters verwiesen werden, woselbst er auch ausführlich die Theorie des Klinographen und des Horizontalpendels für Neigungen mathematisch entwickelt.

Von besonderem Interesse sind die Resultate der ersten Registrierperiode des im Keller des Göttinger geophysikalischen Instituts aufgestellten Klinographen. Sie lieferten als wahrscheinlichstes Ergebnis die Feststellung folgender Thatsache: »Weder die Vorläufer, noch die Hauptwellen eines Erdbebendiagrammes sind zurückzuführen auf Neigungsschwingungen der Erde. Die bisher unter den Seismologen fast allgemein verbreitete Anschauung, dass die Apparate bei der Aufzeichnung der langen Wellen durch Neigungen in Bewegung gesetzt werden, diese Anschauung. wie sie besonders von Milne, Cancani, Vicentini, Agamemnone, Ehlert etc. vertreten wird, wie sie trotz der von Schmidt und Omori geäusserten Bedenken noch die ganze heutige Erdbebenlitteratur beherrscht, ist irrig. Es kann

die bisher an den Seismographen beobachtete Bewegung nur hervorgerufen worden sein durch »Translationsschwingungen« des Erdpartikelchens, wie man im Gegensatze zu den Neigungsschwingungen die Schwingungen mit geradliniger oder elliptischer Bahn bezeichnen könnte.

Dagegen können wir von den Neigungsschwingungen nicht etwa behaupten, dass sie nicht existieren, sondern nur, dass sie unmerklich sind. Infolgedessen haben wir — es ist dies wohl zu beachten — noch nicht die Frage entschieden, ob die Bewegungen Neigungswellen sind, welche über die Erdoberfläche hinwegziehen, oder ob nicht. Es sind offenbar noch zwei Möglichkeiten vorhanden. Entweder haben wir in den Erdbeben reine Translationsschwingungen ohne jede Neigung vor uns, man denke z. B. an eine horizontale, rein longitudinale Schwingungsbewegung, oder man stelle sich vor, dass alle Teilchen der Erdoberfläche zugleich in gleicher Weise gleiche Ellipsen in einer horizontalen, schrägen oder vertikalen Ebene durchlaufen. Oder aber die Bewegungen der Erde sind doch Neigungswellen, dann allerdings nicht derart von der Höhe, wie es den zuvor erwähnten, bisherigen Anschauungen der Seismologen entspricht, sondern von sehr viel geringerer Höhe. Die Wellenhöhe müsste nur so gering, dagegen die Wellenlänge so gross sein, dass die dabei auftretenden Neigungen zu klein sind, um auf die modernen Seismographen trotz ihrer hohen Empfindlichkeit einwirken zu können, während der translatorische Teil der Bewegung von den Apparaten ohne Schwierigkeit angegeben wird.«

Die Entscheidung in diesen Fragen werden die Untersuchungen des zweiten Teiles der Arbeit ergeben, welche Dr. Schlüter bald zu veröffentlichen gedenkt,

Über den Ursprung der seismischen Kraft hat Dlabač sehr beachtenswerte Ausführungen gemacht.[1]) Er weist zunächst auf eine Thatsache hin, die bis jetzt durchaus nicht nach ihrer ganzen Bedeutung gewürdigt worden ist, ja die in den meisten geologischen Schriften mit keiner Silbe erwähnt wird. Es ist die Thatsache, dass seit uralter Zeit bis heute grosse Wasserbecken in Gestalt von Meeren sich an der Erdoberfläche erhalten haben. Dem Volum nach verhält sich das Meer zum Erdballe wie 1 : 846, das gesamte Wasserreservoir der Ozeane könnte daher in den äussern Teilen der Erdrinde verschwinden, und es ist thatsächlich merkwürdig, dass dies im Laufe von Millionen Jahren der Vergangenheit nicht längst geschehen ist. Man hat zwar zur Erklärung darauf hingewiesen, dass der Meeresboden für Wasser undurchlässig sei, allein diese Erklärung ist durchaus hinfällig, denn es giebt gar kein Gestein, welches absolut und unter allen Umständen für Wasser undurch-

---

[1]) Studien über Probleme der Erdgeschichte. Jungbunzlau 1901.

dringlich ist, und selbst die geringste Durchlässigkeit des Meeresbodens würde ausgereicht haben, um im Verlaufe der schier unermesslich langen Zeit, welche zu Gebote steht, die ozeanischen Wassermassen zum völligen Einsickern in die Erdkugel zu bringen. Überhaupt ist es unzweifelhaft, dass sich in den Tiefen der Erde gewaltige Wassermassen befinden, und möglicherweise sind dieselben quantitativ ebenso beträchtlich als die freien Wasser der Ozeane. Es ist, sagt Dlabač, bekannt, dass der Grundwasserandrang bis zu den bekannten Tiefen infolge des hydrostatischen Druckes zunimmt, wie die Erfahrung bei Tiefbohrungen und in den Bergwerken lehrt, wo bereits von einer Ableitung der Grundwässer durch Quellen keine Rede sein kann, und wir müssen annehmen, dass auch in den unzugänglichen Erdtiefen das Grundwasser verbreitet ist. Es unterliegt keinem Zweifel, dass auch das Meereswasser in den Meeresgrund eindringt und in die Spalten und Klüfte am Meeresgrunde unmittelbar eintreten muss. »Wir müssen annehmen, dass in der Tiefe der Erde das Wasser allgemein verbreitet ist, welches die Gesteinsmassen durchdringt und die Spalten und Klüfte in der Erdrinde ausfüllt, und es dürften die im Innern der Erde vorhandenen Grundwassermengen die sichtbaren, in den Meeren angehäuften Wasserquantitäten übersteigen. Unter dem Meeresniveau müssen sämtliche Grundwässer allgemein im Zustande der absoluten Ruhe sich befinden; allerdings wird lokal ein Nachsinken des Grundwassers stattfinden müssen als Ersatz für die durch Exhalationen der Vulkane ausgeströmten Dampfmengen. Die in den Boden einsickernden Wasser erleiden in der Tiefe mehrfache Veränderungen: die atmosphärische Luft wird bereits zum grössten Teile von den oberflächigen diluvialen Humusschichten aufgenommen und zur Bereitung der Nahrung für die Vegetation verwendet; weiter in der Tiefe verliert sich der Luftgehalt gänzlich. In grössern Tiefen müssen die Grundwasser auch die in der bezüglichen Tiefe herrschende Temperatur besitzen, welche mit der Tiefe sich weiter steigert. Die mineralischen Substanzen, mit welchen das Grundwasser in Berührung kommt, werden aufgelöst, wie wir bei Quellenwasser und insbesondere Mineralwässern und heissen Quellen beobachten, und infolge der zunehmenden Erdtemperatur wird der Sättigungsgrad der Lösungen mit der Tiefe stets zunehmen müssen.«

Die wichtige Frage, bis zu welcher Tiefe die Grundwasser überhaupt in den Boden dringen können, ist bisher nur beiläufig behandelt worden, und doch wird dieser Vorgang eine grosse Rolle spielen. Dlabač kommt zu dem übrigens auch von andern gelegentlich gemachten Schlusse, dass die Ursache, welche das tiefere Eindringen des Grundwassers in die Tiefe verhindert, nur in der zunehmenden Wärme der Erde mit wachsender Tiefe zu finden sei. Wäre die innere Erdwärme nicht vorhanden, oder erreichte sie nicht in der Tiefe einen gewissen Grad, so müssten unsere Ozeane längst

verschwunden sein, und die Erdoberfläche würde das Bild einer trockenen Wüste mit grossen, tiefen Aushöhlungen (den Betten der ehemaligen Meere) darbieten, genau wie wir dieses bei unserem Monde thatsächlich erblicken. Der Mond hat als weit kleinerer Weltkörper wie die Erde seine innere Wärme längst verloren, wie wir eben aus dem Fehlen von Ozeanen an seiner Oberfläche schliessen dürfen, seine Wassermassen haben sich in die Tiefen unter der Oberfläche begeben, und die leeren Meeresbecken sind zurückgeblieben. Der Erde wird es nach Verlauf sehr langer Zeiträume unfehlbar ebenso ergehen.

Was nun die bereits jetzt in die Tiefen gedrungenen Wassermassen anbelangt, so könnte man bei oberflächlicher Beurteilung annehmen, dass diese in einer gewissen Tiefe allgemein ins Sieden geraten müssten. In Wirklichkeit wird dies nur lokal der Fall sein, wie Dlabač ausführlich nachweist, während allgemein das Wasser in der bedeutenden Tiefe, bis zu der es überhaupt gelangen kann, trotz der dort herrschenden grossen Hitze, sich in tropfbarflüssigem Zustande befinden muss. »Von einer bestimmten Temperatur des absoluten Siedepunktes der Grundwasser im Innern der Erde kann überhaupt nicht gesprochen werden, da die Grundwasser mit der zunehmenden Temperatur immer grössere Mengen von aufgelösten Substanzen enthalten müssen, wodurch der absolute Siedepunkt immer weiter verschoben wird. Auch die kritische Temperatur der Dämpfe muss parallel eine Verschiebung erleiden, da die Dämpfe absolut luftfrei und nebstdem mit Dämpfen von verschiedenartigen mineralen Stoffen, insbesondere mit den Schwefel-, Borsäure- und vielen anderen Dämpfen, welche z. B. mit den Wasserdämpfen den Vulkanschlünden entströmen, gesättigt sind. Dieses physikalische Gesetz auf die Verhältnisse im Innern der Erde angewendet, muss in dem Sinne modifiziert werden, dass der Aggregatzustand des Wassers bei den hohen Hitzegraden unter den obwaltenden Druckverhältnissen einer Grenze sich nähert, bei welcher das Wasser aus dem tropfbarflüssigen in den dampfförmigen Zustand übergehen muss. Diese Grenze wird, wie die Erfahrung lehrt, bei den im Erdinnern obwaltenden Verhältnissen, hauptsächlich infolge der oben erwähnten Eigenschaften des Grundwassers, bis zu der Tiefe, bis zu welcher das Wasser überhaupt eindringen kann, allgemein nicht überschritten; nur unter besondern Verhältnissen kann dieselbe lokal überschritten werden, wobei jedoch die Beziehungen zwischen Druck und Temperatur entscheiden.«

Sehr richtig schliesst Dlabač »dass die Wärmemenge, welche zur Verwandlung des Wassers in Dampf bei den hohen Hitzegraden in den Tiefen der Erde notwendig ist, mit der steigenden Temperatur in die Tiefe stets abnimmt, und dass das Wasser in der Tiefe in einem labilen Gleichgewichte sich befinden muss, dass nämlich immer geringere Wärmemenge oder immer geringere Druckverminderung

notwendig ist, um eine Explosion der Grundwasser in der Tiefe herbeizuführen.«

In diesen Explosionen sieht Dlabač die Ursache der seismischen Kraft. »Wir wissen,« sagt er, »dass gewisse Gegenden der Erdoberfläche von Erdbewegungen, beziehungsweise vom Vulkanismus periodisch heimgesucht werden, und es müssen auf diesen Stellen die erforderlichen Bedingungen für die Herbeiführung einer unterirdischen Wasserexplosion sehr günstig sein. Eine unterirdische Explosion des Wassers bei einer bestimmten Dichtheit der Lösung (nach Massgabe der Menge der im Wasser aufgelösten Substanzen) könnte entweder durch hinlängliche Erhöhung der Temperatur oder durch eine genügende Verminderung des Druckes oder Verdünnung der Lösung herbeigeführt werden. Die Verhältnisse, unter welchen eine unterirdische Explosion entstehen kann, müssen unter den mannigfaltigen Verhältnissen, unter welchen die Grundwasser in der Tiefe sich befinden müssen, in hohem Grade kompliziert sein, und es ist ein Zusammentreffen von günstigen Umständen notwendig, wenn eine Explosion entstehen soll. Wegen Vereinfachung müssen wir von den Einflüssen, welche dic hohen Temperaturen auf den Aggregatzustand des Wassers ausüben, sowie von der Beschaffenheit der Grundwasser (der Minerallösungen), welche diesen Einflüssen gegenüberstehen, absehen, da der Einfluss derselben auf Grund der bisherigen Erfahrungen nicht kontrolliert werden kann, und von dem Grundsatze ausgehen, dass die Grundwasser in allen Tiefen, in welche dieselben mit Rücksicht auf ihre Spannkraft überhaupt eindringen können, allgemein im tropfbarflüssigen Zustande sich befinden müssen. Diese Annahme bestätigt die Erfahrung: Wenn die Grundwasser in der Tiefe allgemein in Dampf übergehen sollten, so müsste die ganze Erdoberfläche überall ununterbrochen durch Aufkochungen erschüttern, und die in den Spalten emporsteigenden Dampfblasen würden die Grundwasser allgemein bis zum Grundwasserspiegel erhitzen, was jedoch allgemein nicht der Fall ist. Solches Emporströmen von Dampf findet unter lokalen Verhältnissen nur bei bedeutenden Erdbewegungen statt; so hat z. B. beim Erdbeben in Calabrien das Meer unweit von Messina aufgekocht, beim Erdbeben in den Alluvien des Brahmaputra ist der Dampf mit der Heftigkeit eines Kanonenschusses emporgeschossen u. s. w. Wenn nun, wie die Erfahrung lehrt, das Grundwasser unter lokalen Verhältnissen aufkocht und eine Erderschütterung oder Erdbewegung erzeugt, so muss die Ursache hiervon in den Eigenschaften des unter Druck erhitzten Wassers liegen.«

Die Hauptursache, welche zu Explosionen des überhitzten Wassers in den Tiefen der Erde führen kann, ist — genau so, wie vielfach bei Explosionen von Dampfkesseln — die Verminderung des belastenden Druckes. Aber wie kann eine solche lokal im Erdinnern vorkommen? Dlabač sagt: infolge von Molekularwirkungen,

welche zwischen Wasser und den festen Schichten der Erde eintreten. »Es ist insbesondere die Adhäsion, durch welche der Druck der belastenden Wassersäule zum grössern oder geringern Teile vermindert wird; das Wasser haftet an den Teilchen der festen Körper, aus welchen die Schichten der Erdrinde gebildet sind; hierdurch wird die Last der Wasserteilchen zum Teil auf die festen Schichten dor Erdrinde übertragen, so dass nur ein Teil des Druckes der belastenden Wassersäule auf die tiefern Wasserschichten übertragen wird. Durch diese Molekularwirkungen wird jedoch der Einfluss der Schwere der Wasserteilchen nicht gänzlich aufgehoben, da die Erfahrung lehrt, dass trotz Molekularwirkungen das Wasser in allen zugänglichen Schichten der Erdrinde verbreitet ist, so dass das Eindringen des Wassers in die Tiefe durch Molekularwirkungen nicht verhindert, sondern nur die Geschwindigkeit der Bewegung nach Massgabe der Durchlässigkeit der Schichten herabgemindert wird. Nach Beschaffenheit und Durchlässigkeit der die Erdrinde bildenden Schichten müssen die Molekularwirkungen in einem gewissen Verhältnisse den Druck der belastenden Wassersäule herabmindern, und umgekehrt ist diese Herabminderung des Druckes lokal von der Beschaffenheit der die Erdrinde bildenden Schichten abhängig. Es fehlen Erfahrungen für die Beurteilung, wie gross der Einfluss der molekularen Wirkungen bei der verschiedenartigen Beschaffenheit der Bodengattungen taxiert werden soll; jedenfalls dürfte dieser Einfluss bei einer undurchlässigen Lettenschicht bedeutend grösser sein, als in einer durchlässigen Sandschicht. So wird z. B. dass Wasser durch eine vertikale Röhre mit einer bedeutenden Geschwindigkeit durchfliessen; wird dieselbe mit durchlässigem sandigen Boden gefüllt, so wird es mehrere Minuten und bei gewachsenem Lettenboden mehrere Stunden dauern, bevor bei demselben Drucke das Wasser bis zur untern Ausmündung durchdringt. Diese Erscheinung kann nur durch molekulare Wirkungen, beziehungsweise Widerstände erklärt werden. Sind die vorausgesetzten molekularen Wirkungen in den überlagernden Schichten gross genug, so kann das Wasser in der Tiefe infolge der Verringerung des Druckes der belastenden Wassersäule selbst überhitzt werden.«

Dlabač zeigt des nähern, dass die Möglichkeit einer Wasserdampfexplosion mit der Tiefe sich steigert, und dass eine Explosion in der Magmaschicht am wahrscheinlichsten ist. »Die Erfahrung lehrt, dass die Erdbeben und die vulkanischen Ereignisse in lokal beschränkten Räumen auftreten, so dass angenommen werden muss, dass auch die Ursachen dieser Ereignisse lokal verbreitet sein müssen, dass überhaupt die örtlichen Verhältnisse auf dieselben einen überwiegenden, ja entscheidenden Einfluss ausüben müssen; auch die lokale Anhäufung von grössern Wassermengen (Lösungen von geringerer Dichtheit) in der Tiefe, muss ebenfalls eine wesent-

liche Voraussetzung einer Explosion sein. Die massgebenden Momente, welche eine unterirdische Explosion herbeiführen, müssen unter den verschiedenen lokalen Verhältnissen sehr kompliziert sein und entziehen sich der Beurteilung.«

Es dürfte der eine oder andere Geologe vielleicht meinen, diese Dlabač'sche Theorie der seismischen Kraft sei nichts Neues, indem auch schon früher Dampfexplosionen zur Erklärung der Vulkanizität herbeigezogen worden seien, ja die Humboldt-Buch'sche Vulkanhypothese lediglich darauf beruht. Allein diese letztere und überhaupt die ihr analogen Hypothesen früherer Geologen sind nur ganz vage Annahmen, die auf keinen numerischen Erwägungen beruhen, ähnlich wie die Suess'sche Theorie vom successiven Zusammenbruche der Erdrinde auch schon lange vorher ausgesprochen worden ist, ehe der Wiener Geologe sie wahrscheinlich zu machen unternahm.

Dlabač sagt: »Bei unterirdischen Explosionen, bei welchen der Dampf nicht emporsteigen kann, sondern in den Schichten verbleiben muss, muss derselbe, nachdem er durch Expansion die Arbeit verrichtet hat, wieder kondensieren, was unter neuerlichen Erschütterungen sich vollziehen muss; wenn diese Ansicht richtig ist, so müssten hebende Erschütterungen bei Entstehung der Dampfblase und sinkende Erschütterungen bei Kondensierung derselben unterschieden werden; es müssen somit bei einem Erdbeben lokal die eine oder andere oder beide Arten der Erschütterungen beobachtet werden; insbesondere müssten z. B. die Erschütterungen, welche die Thätigkeit eines Vulkanes abschliessen, einen senkenden Charakter haben.

Die flüssige Magmamasse wird in einzelnen Fällen durch den Explosionsstoss zu den Schlünden der Vulkane verschoben und steigt sodann durch dieselben in die Höhe, wodurch die Vulkane in Thätigkeit versetzt werden; dabei werden die losen vulkanischen Produkte durch weitere Explosionen aus dem Krater wie aus einer Kanone förmlich emporgeschossen, wogegen die wasserärmern Laven aus der Spalte herausströmen. — In andern Fällen wird die flüssige Magmamasse bloss verschoben, und es entsteht eine Hebung beziehungsweise eine Aufblähung des Bodens; die Aufblähung berstet, und wenn die gebildete Spalte durch die ganze Erdrinde bis zum Magma reicht, so kann die Magmamasse emportreten, und können selbst neue Vulkanberge entstehen. Es ist natürlich, dass durch die Verschiebung der Magmamasse unter der Erdrinde Niveauveränderungen, auch wenn sie nicht beobachtet werden, entstehen, welche allgemein aus einer Hebung der Erdoberfläche und einer korrespondierenden Senkung der Erdrinde auf der Stelle, wo die Explosion stattgefunden hat, bestehen müssen. Gewöhnlich wird jedoch entweder gar keine Veränderung oder bloss eine Hebung oder Senkung beobachtet, wogegen die andere korrespondierende Niveauveränderung unbekannt bleibt.

In Bezug auf die verschiedenen Wirkungen der Wasserexplosionen als seismischer Kraft unterscheidet Dlabač: »1. Wasserexplosionen auf der Erdoberfläche; zu dieser Kategorie gehören die Wasserexplosionen mit Geysirerscheinungen und sonstige heisse Springbrunnen. 2. Wasserexplosionen in mässigen Tiefen in den Alluvial-, Diluvial- und Meeresanschwemmungen, noch oberhalb der eigentlichen Lithosphäre; zu dieser Kategorie gehören die Erdbewegungen im angeschwemmten lockern Boden in den Alluvien einiger Flüsse u. s. w. mit Grundwassererguss, Schlammerguss und Niveauveränderungen u. s. w. 3. Wasserexplosionen in den Spalten der Lithosphäre; zu dieser Kategorie gehören die Erdbeben in den Gebirgen und anderswo, welche die Lithosphäre mehr oder weniger heftig erschüttern. 4. Wasserexplosionen in der flüssigen Magmaschicht unterhalb der festen Erdrinde, ohne oder mit Störungen; zu dieser Kategorie gehören gewisse Erdbeben, Erdbewegungen mit Vulkanausbrüchen und Niveauveränderungen, Seebeben, ferner die Umwälzungen der Erdrinde mit Hebungen und Senkungen der Kontinente und Gebirgsbildung.«

Erdbebenherdlinien. E. Harboe weist darauf hin,[1]) dass die Annahme eines Epizentrums bei den grossen Erdbeben besonders gegenüber den Zeitangaben vielfach zu unannehmbaren Resultaten führe. Besonders findet sich, dass manche Zeitangaben sich als gar zu früh im Verhältnisse zur Entfernung der betreffenden Orte vom erwähnten Zentrum darstellen, ohne dass man dieselben ohne weiteres als irrig verwerfen könnte. »Sollen auch alle diese »zu frühen« Zeitangaben neben allen andern Angaben, die man zu stark abweichend gefunden hat, berücksichtigt werden, so wird die zentrale Ausbildungsweise nicht länger behauptet werden können, und man muss deshalb eine andere Ausbildungsweise voraussetzen, die eine bessere gegenseitige Übereinstimmung der Zeitangaben erlaubt. Als nächster Schritt bietet sich dann die Annahme einer Ausbildungsweise wie derjenigen dar, zu welcher die Betrachtung der Zeitangaben des Agramer Erdbebens am 9. November 1880 (den Verf.) geführt hat. Das heisst: es ist anzunehmen, dass die Erdbeben unter gewissen Linien entstehen, welche sich auf der Erdoberfläche durch das Schüttergebiet hinziehen, die sogenannten »Herdlinien«, indem das Entstehen übrigens mehr oder weniger gleichzeitig und mit grösserer oder kleinerer Intensität und Dauer unter den verschiedenen Stellen dieser Linien eintreten kann. Die Annahme des Vorkommens solcher Herdlinien wird nicht allein die gegenseitige Übereinstimmung der Zeitangaben in hohem Grade erleichtern, sondern auch sehr zur Erklärung der Formen der Isoseismen beitragen, weil die Energie der Erdbebenwellen in der Herdlinie selbst am grössten sein und von

[1]) Gerland, Beiträge zur Geophysik 1901. 5. p. 206.

hier aus nach beiden Seiten abnehmen muss. Weiter eröffnet diese Annahme eine Möglichkeit für die Erklärung des grossen Unterschiedes, welcher mit Rücksicht auf die Flächenausdehnung zwischen dem tektonischen und dem vulkanischen Erdbeben vorkommt.«

Die Orte, von denen besonders frühe Zeitangaben mitgeteilt sind, haben aller Wahrscheinlichkeit nach in oder ganz nahe an einer Herdlinie gelegen, und dadurch werden alle diese Zeitangaben, von denen man bisher abgesehen hat, weil man sie als unwahrscheinlich betrachtet hat, von der grössten Bedeutung für das Einzeichnen der Herdlinien. Der Zeitpunkt für das Entstehen des Erdbebens in den Herdlinien selbst ist hauptsächlich auch durch diese Zeitangaben zu bestimmen.

Harboe macht eine Anwendung seiner Theorie der Herdlinien zunächst auf das Erdbeben von Charleston (1886 August 31) da bezüglich dieses eine grosse Zahl zuverlässiger Zeitangaben vorliegen. Er findet, dass neun Herdlinien von Charleston ausgehen, ausserdem finden sich in grösserer Entfernung noch mehrere andere. Das Erdbeben ist durchgehends mit ziemlich geringen Zeitunterschieden längs der Herdlinien entstanden. »In zwei Beziehungen zeigen die gefundenen Herdlinien eine merkwürdige Gesetzmässigkeit, die, weil sie keineswegs voraus vermutet wurde, sehr für die Richtigkeit der Herdlinien sprechen dürfte. Erstens bemerkt man nämlich eine strahlenförmige Ordnung der Herdlinien, welche ihren Ausgangspunkt eben in oder in der Nähe von Charleston hat, wo die Erschütterungen am stärksten gewesen sind. Die schwächern und kürzern abgesonderten Herdlinien, die in den peripherischen Teilen des Schüttergebietes vorkommen, können nur als sekundär und teilweise als Nachbeben betrachtet werden.

Weiter zeigen die Herdlinien im ganzen eine markierte Abhängigkeit von den Terrainformen. Von den Hauptherdlinien gehen sechs hauptsächlich parallel mit den Hauptrichtungen der Küsten. Wo die Herdlinien in die Nähe des Alleghanygebirges kommen, biegen sie vor diesem ab, gehen sodann aber parallel mit demselben weiter. Dies ist der Fall mit fünf Herdlinien, nur eine bricht schräg, ungefähr in meridionaler Richtung, durch das Gebirge. An mehrern Orten scheinen die Herdlinien selbst grössern Thalwegen oder Einsenkungen zu folgen.

Dass bei Erdbeben eine gewisse Abhängigkeit zwischen den Isoseismen und den Terrainformen vorkommt, hat man schon oft bemerkt. Daraus folgt, dass auch die Herdlinien eine gewisse Abhängigkeit von den Terrainformen zeigen. Für das Erdbeben von Charleston sieht man also, dass die Herdlinien weit vollständiger als die Isoseismen die Verbindung zwischen den Erdbeben und den Terrainformen hervortreten lassen.

Harboe behandelt den Fall im Erdbeben am 12. Juni 1897, für welches die Zeiten nicht so reichlich vorhanden sind, als für das

oben genannte. Auch bei diesem Erdbeben zeigen die Herdlinien grosse Übereinstimmung mit den Hauptzügen der Terrainformen. Eine Herdlinie folgt dergestalt gegen Westen in grossen Buchten der Gangesniederung, und gegen Osten geht sie längs der Südseite des Shillongplateaus. Ihr Seitenast umkreist die Assamgebirge gegen Norden und Westen und scheint sich im Meere längs der Küste Assams fortzusetzen. Eine andere Linie geht von den Himalayagebirgen gegen Südosten in das Shillongplateau hinein, biegt aber hier um und folgt dem Laufe des Brahmaputra gegen Nordosten. Ihr Seitenast geht längs der Westseite des Shillongplateaus dem Laufe des Brahmaputra gegen Süden folgend und demnächst weiter über die Gangesniederung gegen die Ostküste Vorderindiens, welcher er, nach der Zeitangabe 16^h 29^m für Bezwada (80° 40′ Lg., 16° 31′ Br.) zu urteilen, wahrscheinlich weiter gegen Süden gefolgt ist. Eine andere Linie scheint ziemlich entlang den Gebirgen Assams zu gehen, und so könnte noch anderes hervorgehoben werden.

Für das Erdbeben von Agram kam Verf. zu dem Resultate, dass dasselbe die Folge einer gewiss lokalen, aber doch sehr ausgedehnten Senkung der Erdrinde war. »Durch eine solche Senkung müssen die Seitendrucke in dem betreffenden Teile der Erdrinde schon wegen der Näherung des Erdrindenteiles zum Erdzentrum durchschnittlich vergrössert werden; aber wenn die Senkung hauptsächlich unter Benutzung der Elastizität der Erdrinde geschieht, so werden die Seitendrucke wegen der Biegung der Erdrinde besonders in den obersten Schichten und längs der am tiefsten gesenkten Teile derselben vergrössert werden. Wenn die Seitendrucke auf solche Weise an gewissen Orten nach und nach bis zu einer gewissen Grenze in den obern Schichten gewachsen sind, entsteht an diesen Stellen eine Lossprengung der Schichten, wodurch die Erschütterungen des Erdbebens bewirkt, und die Seitendrucke verteilt werden. Die hier sowohl für das Charlestoner Erdbeben als auch für das indische Erdbeben angedeutete Verbindung zwischen dem Laufe der Herdlinien und den Terrainformen, die sich auch beim Agramer Erdbeben deutlich vorfindet, würde die Annahme stützen, dass auch diese zwei Erdbeben auf eine ähnliche Weise entstanden seien, wie dasjenige von Agram. Weil die Biegung der Erdrinde vorzugsweise da entstehen muss, wo die Erdrinde am schwächsten ist, so scheint jener Zusammenhang auf eine von den Terrainformen bedingte Verschiedenheit in der Biegsamkeit der Erdrinde zu deuten. Besonders dürften die Bergketten steifere und stärkere, Niederungen und Thalwege dagegen biegsamere und schwächere Partien der Erdrinde darstellen. Zu einem solchen Resultate ist auch schon Prof. A. Heim auf einem ganz andern Wege in seinem »Mechanismus der Gebirgsbildung« (Basel 1878, II. Tl., p. 219—221) gelangt. Die Richtigkeit der Annahme vorausgesetzt, erscheint es sehr denkbar, dass die Verminderung der Seitendrucke

unter gewissen Umständen Senkungen in den losgesprengten Erdschichten hervorruft, die wieder solche Risse und Sprünge verursachen können, wie diejenigen, die Oldham für das indische Erdbeben beschrieben hat.«

6. Vulkanismus.

Die geographische Verbreitung der Vulkane. Mit Bezugnahme auf eine von ihm ausgearbeitete Karte giebt Dr. Karl Wägler eine litterarische Studie über die geographische Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen auf der Erde[1]) unter Mitbenutzung der Tiefenkarten der Ozeane. Er unterscheidet drei grosse Gebiete der vulkanischen Thätigkeit, denen sich möglicherweise in Zukunft noch eins oder mehrere zugesellen können.

Das schon früher als solches erkannte Vulkangebiet ist das pazifische Becken, woselbst sich die Vulkanthätigkeit auch am intensivsten gezeigt hat. Es wird vollkommen von Kettengebirgen, denen Vulkane aufgesetzt sind, umschlossen.

Die längste ununterbrochene Schranke bildet die Westküste Amerikas, die sich über bald 120 Breitengrade erstreckt. An sie schliesst sich im Norden der Bogen der Aleuten an, dann Kamtschatka, die Inselketten der Kurilen, der japanischen und Liu-kiu-inseln, weiterhin Formosa, die Philippinen, Molukken, Neuguinea mit den Louisiaden, die Salomoninseln, Neuen Hebriden, Viti-, Tonga-, Kermadekinseln, Neuseeland, Auckland, Campbell, Ballenyinseln, Viktorialand, Peters I. Insel, Grahamsland mit den unmittelbar vorgelagerten Inseln. Diese letztern beginnen einen leicht nach Osten geschwungenen Bogen in Süd-Nordrichtung. Sein anderes Ende bildet Feuerland, das den Übergang zu Amerika und somit die Schliessung des Kreises um den Stillen Ozean vermittelt.

Ein Blick auf die Karte giebt sofort eine Zweiteilung des pazifischen Beckens in einen grossen nördlichen und einen kleinern südlichen Abschnitt. Diese wird durch das pazifische Inselmeer und die »Osterschwelle« (Supans) hervorgerufen.

Mit Hilfe der Tiefenkarten ist Verfasser zu folgenden fünf Gebieten gelangt:

1. Das »nordpazifische Becken« wird vom übrigen durch eine Linie abgeschnitten, deren Hauptstützpunkt die Hawaiiinseln mit ihren westlichen Ausläufern bilden (Supans Hawaiischwelle). Dieses Becken ist neben der ausserordentlichen vulkanischen Thätigkeit, die sich hier zeigt und früher ihre Denksteine gesetzt hat, noch durch die Anhäufungen grosser Tiefen an der nordwestlichen Begrenzung und ausserdem östlich der Sandwichinseln ausgezeichnet.

Westlich und südlich wird das eben besprochene Gebiet vom »westpazifischen« berührt, dessen Ausdehnung durch eine Linie

[1]) Mitteil. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig 1900. p. 1—11.

ungefähr von Kuré (das der Hawaiischwelle aufsitzt, ca. 178° W. v. G. und 28 $^1/_2$ ° N.) nach Wake, dem nördlichsten Ausläufer der Marschallinseln, diesen selbst, den Karolinen- und Palauinseln vollkommen bestimmt ist, von welch letztern die Grenze auf Halmaheira (= Djilolo) einläuft. Djilolo bildet dann mit den Philippinen und den japanischen Inseln den Rest der Umrandung dieses Teiles. Die Marianenreihe teilt dieses Gebiet wieder in das westlich gelegene »Philippinen-« und das östliche »Marianenbecken«, die beide durch den »Karolinengraben« miteinander verbunden sind.

Südlich weiter gelangen wir zum »pazifischen Mittelmeere«. Neben den Grenzen gegen die andern Gebiete haben wir noch eine Linie von den Marschall- über die Gilbert-, Elliceinseln, die südlich von ihnen gelegenen Untiefen, die zerstreuten Inseln Uea, Futuna und Alofi nach den Vitiinseln zu nennen. Die übrigen Grenzen sind aus der Festlegung des ganzen pazifischen Beckens ohne weiteres klar.

Das »melanesische« Nebenbecken löst sich durch das Ende der Salomon-, die Santa Cruzinseln, Rotuma und Futuna ab.

Von hier aus wenden wir uns nun östlich zum »Zentralpazifischen Becken«. Von dem noch übrig bleibenden Stücke der nördlichen Hälfte des Stillen Ozeans wird es durch eine Grenze abgetrennt, die vom Ostende der Hawaiiinseln nach den Marquesas und Pitkairn führt. Nach dem Vorkommen vulkanischer Produkte sondert sich von ihm noch die langgestreckte (fast grabenförmige) »polynesische Mulde« ab, die zwischen den Gesellschaftsinseln, Mangarewa, Rapa-iti, Tubuai-, Cookinseln und dem Ostende der Samoainseln gelegen ist.

Den Rest des nördlichen Abschnittes des pazifischen Beckens möchte Verfasser mit dem Namen »ostpazifisches Becken« belegen.

Bei dem viel kleinern südlichen Teile des Beckens des Stillen Ozeans lassen sich nur drei Unterabteilungen unterscheiden:

Verbinden wir Salas y Gomez mit den Juan Fernandezinseln und führen die Linie bis zur Bucht von Arauka (südlich von Concepçion [ca. 37 $^1/_2$ ° S.]), so schneiden wir das an der südamerikanischen Küste sich hinziehende »tropische Becken« ab.

Dieselbe Verbindungslinie umschliesst das »pazifische Südostbecken« im Norden. Im Westen bewirken die Trennung vom übrigen Gebiete die Osterinsel, die Untiefe von 2928 *m* (etwa 38 $^1/_2$ ° S. und 112° W.), Doughertyinsel und Peters I. Insel.

Das übrig bleibende, nicht weiter zu zerlegende Becken mag als das »südpazifische« eingeführt werden. In ihm findet sich, ähnlich wie im »nordpazifischen«, eine Anhäufung von grossen Tiefen auch an der Westseite.

Von den »Gliedern« des pazifischen Beckens sind zu erwähnen:

1. Das »Beringbecken«, dessen Lage unmittelbar aus dem Namen ersichtlich ist, dessen genauere Begrenzung der Verfasser

aber unbestimmt lassen möchte, soweit sie nicht aus seiner Lage zwischen dem asiatischen und amerikanischen Kontinente hervorgehen.

2. Das »japanische« Becken. Die Lage und Ostgrenze gehen aus dem Namen hervor. Im übrigen umgeben es die Bruchlinien mit den Vulkanen der Halbinsel Liaotung und in der Provinz Kirin, Halbinsel Korea und die Fortsetzung des durch die Kurilen angegebenen Bogens über die Insel Jesso nach dem asiatischen Festlande.

Diese beiden Becken könnten auch den Übergang zu einem vierten grossen Gebiete (asiatisch-arktisch), in das auch die eurasische Senke einzurechnen wäre, bilden. Als Aussenstücke des Grossen Ozeans sind ferner noch zu nennen: 3. Das Sulubecken; 4. das Celebesbecken; 5. das Bandabecken. Die Grenzen sind vielleicht in Rücksicht auf die geographische Verbreitung des Vulkanismus mit den Sundainseln und Hinterindien in das »südostasiatische« Gebiet zusammenzufassen.

Ein »indisch-antarktisches« Becken wird umschlossen von den Salomoninseln an bis Grahamsland und seinen Vorlagerungen von der Grenze des soeben behandelten »pazifischen« Beckens. Dann aber bezeichnen die Südsandwich-, Bouvet-, Prince Edwards-, Crozet-, Kergueleninseln, Neuamsterdam, Maskarenen die Marksteine der Grenze. Weiterhin verläuft die Scheidelinie durch Madagaskar, die Comoren längs des Zentralafrikanischen Grabens, durch Abessynien, das rote Meer, Jordanbruch nach Armenien. Von hier aus wendet sie sich nach dem Südende des Kaspisees, schneidet in leicht geschwungenem Bogen durch Persien hindurch nach der Halbinsel Gundscherat durch Vorderindien nördlich von 20° zum Irawadi. Dann ändert sich ihre Richtung wieder in eine südliche durch die Landschaft Irawadi nach den Andamanen. Längs der Sundainseln wendet sie sich endlich nach Neuguinea zurück zwischen Banda- und Alfurensee hindurch.

1. Die Valdiviaexpedition hat südlich etwa vom 55.° südlicher Breite das über 5500 m tiefe „antarktische" Becken gefunden, dessen natürliche Nordgrenze die Südsandwich-, Bouvet-, Prince Edwards-, Crozet-, Kerguelen- und Macdonald- (Heard)inseln bilden. Der weitere Verlauf der Trennungslinie ist nicht festzustellen. Verläuft sie zwischen Südpol und Polarkreis, so würde diese zugleich auch als Südgrenze des

2. »australischen« Gebietes gelten können, dessen Umfang noch durch eine Linie von den Maskarenen über den unterseeischen Vulkan mitten im Indischen Ozeane (ca. 7° S und 89° O v. G.) nach dem NW-Ende von Sumatra bezeichnet wird. Längs der Insel Java und etwas noch über sie hinaus zieht sich der Sundagraben hin. Von dem »australischen« Gebiete lassen sich durch die vulkanische Ostküste von Australien, ferner durch Tasmanien und die Balleny-

inseln drei kleinere östliche und ein grösseres westliches Becken abtrennen. Letzteres nennt Verfasser »westaustralisches« Gebiet. Die drei Gebiete sind, von Süden aus gezählt:

a) »Neuseeländische Mulde«, die durch den „Neukaledonischen" Rücken bis zu seinem Schnitte mit der Verlängerung der Südostküste Australiens abgetrennt wird.

b) »Kermadekbecken« (»Fidschibecken« Supans) durch eine von den Hebriden an der Südostspitze Neukaledoniens vorbeiführende und sich dann nach Neuseeland wendende Linie abgeschlossen.

c) »Korallenmeerbecken«, der Rest des Abschnittes.

Als Unterabteilungen des »indisch-antarktischen« Gebietes sind noch das

3. »indisch-afrikanische« und das

4. »arabische« Gebiet zu nennen. Diese beiden stossen längs der Linie der arabischen Südküste bis zur Kuria-Muriabay zusammen. Dann wendet sich die gemeinsame Grenze nach der Verbreiterung des persischen Meerbusens, in der die Bahr el Benatinseln gelegen sind, und über diesen hinweg zum »persischen Bogen«.

Dazu gesellt sich noch zwischen den beiden afrikanischen Gräben

5. die »ostafrikanische Platte«, deren genauere Bestimmung ohne weiteres klar ist.

Weit über die Küsten der angrenzenden Kontinente erstreckt sich das »atlantische« Gebiet. Die Ausdehnung dieses ist durch die andern im Osten, Süden und Westen vollständig bestimmt. Nach Norden hingegen möchte Verfasser die Grenzen zunächst noch offen lassen. Bei Annahme des asiatisch-arktischen Gebietes würden England, Island, Neufundland und die nördlichsten vulkanischen Spuren in Amerika das Ende des atlantischen Gebietes in dieser Himmelsrichtung bezeichnen.

Von ungefähr 50° südlicher Breite bis gegen den nördlichen Polarkreis lassen sich verschiedene Unterabschnitte auseinanderhalten. Die Haupteinteilung in eine östliche und westliche Hälfte giebt die »atlantische Schwelle«. Diese ist im Süden zunächst durch die ihr aufgesetzten vulkanischen Inseln bezeichnet: Bouvetinsel, Goughinsel, Tristan da Cunha, Ascension. Dann folgen die submarinen Vulkane wenig südlich vom Äquator und St. Paul. Von hier zieht sie sich in einem nach Westen gewölbten Bogen nach der Azorengruppe. Darauf wendet sich die Erhebung nach Norden bis etwa 49° Norden, durch ungefähr fünf Breitengrade nach Nordwest, um dann umlenkend von Südwest auf Island einzulaufen. Ihre Fortsetzung findet sie in Jan Mayen, vielleicht auch im Spitzbergenplateau Supans.

1. Betrachten wir die Verbreitung der vulkanischen Erscheinungen auf der Karte, so fällt sofort auf, dass die Azoren, Madeira, Ahaggar, Tibesti, el Melha in einer fast geraden Linie liegen, die

in Abessynien einmündet und von der Osthälfte des atlantischen Gebietes ein Stück abtrennt, das fast $^2/_3$ von Afrika enthält. In diesem Gebiete bringt wieder die ganz markante Linie St. Helena — Inseln des Guineabusens — Kamerun eine Teilung hervor. Hier spaltet sich diese Verbindung jedoch in zwei Arme, von denen der eine über Aïr (Asben) nach Ahaggar, der andere nach dem Djebel Marrah und el Melha führt. In dem Winkel, den sie bilden, liegt

a) die »Tsadseesenke«, westlich davon

b) das »westafrikanische« Gebiet und die »mittelatlantische Mulde«, die in einer Linie Madeira—Kanarische—Kapverdische Inseln—unterseeische Vulkane unter 20° W. aneinander stossen.

c) Südlich der Tsadseesenke befinden sich das »zentralafrikanische« und »südafrikanische« Gebiet. Der Walfischrücken, die Spuren vulkanischer Thätigkeit quer durch Südafrika, bis zum Nyassasee, der dem Grabengebiete angehört und somit der Grenze des indisch-antarktischen Gebietes, trennen sie voneinander. Das »Maskarenenbecken« ist ein Nebengebiet des südafrikanischen und wird durch die Crozetinseln, die Untiefe von 1646 *m* (30° 20′—35° 30′ S, 54°—52° O) und die südwärts ziehende Vulkanreihe Madagaskars abgetrennt.

2. Den Norden der Osthälfte nimmt das »Mittelmeergebiet« ein. Das nördliche Ende wird durch die Südgrenze der eurasischen Senke auf dem europäischen Festlande bezeichnet, ferner durch Frankreichs mächtige vulkanische Massive und die geringen Spuren in Spanien.

Als Unterabteilungen ergeben sich ohne weiteres a) »Balearen« und b) »Tyrrhenische Becken«, ferner c) die »Fessansenke« zwischen Tibesti, Ahaggar und Djebel es Soda, Djebel Schergija Harudj assod und abiad, die »durchweg ein und dasselbe Massiv bilden«. Von einer weitern Gliederung des Mittelmeergebietes möchte Verfasser absehen.

3. Als selbständiges, fast vollkommen vom Vulkanismus umschlossenes Becken stellt sich das »westindische« dar, das von den grossen und kleinen Antillen, Südamerika, Mittelamerika und der Vulkanreihe von Mexiko umgeben wird. Eine Gliederung des »amerikanischen« Gebietes, nördlich dieses westindischen Beckens, ist wohl nicht angebracht.

4. Zwischen der atlantischen Schwelle von der Bouvetinsel bis St. Pauli, Fernando de Noronha, Trinidad (20° S), der Untiefe von 658 *m* (31° S, 35° W), der Bank in 45 *m* Tiefe (49°—45° S, 35°—27° W) und den Südsandwichinseln liegt die »südatlantische Mulde«, westlich von ihr das »südamerikanische Gebiet«.

Die Gliederung und Namengebung der einzelnen Gebiete ist geeignet, den Anschein zu erwecken, als wiese der Verfasser dem Wasser eine wichtige Rolle in der Verbreitung des Vulkanismus zu. Er hält vielmehr die Füllung von Becken mit Wasser oder Eindringen des Wassers in Vertiefungen und vulkanische Eruptionen für gleich-

zeitige Folgen einer Ursache, der Zusammenziehung der Erde. »Mag nun das Erdinnere fest oder flüssig oder plastisch sein, es steht unter dem Drucke der festen Erdmassen. Sobald nun Brüche entstehen, werden die heissen Massen entlastet und quellen empor, sich infolge der Druckverminderung ausdehnend. Anderseits haben Brüche und Absenkungen der zwischenliegenden Schollen die Folge, dass das Wasser in den entstandenen Vertiefungen entsprechend seiner Schwere sich sammelt. Werden nun innerhalb der Bruchbänder durch emporgedrungene Massen oder in anderer Weise Teile von irgendwelcher Grösse oder Form abgegrenzt, so entstehen Komplexe von Seen innerhalb der Ränder des nicht mit in die Tiefe gegangenen Landes.«

Neue Forschungen über die Entstehung des vulkanischen Ries bei Nördlingen. Der etwa 20 *km* im Durchmesser haltende, 100 *m* tiefe kesselförmige Einbruch im weissen Jura bei Nördlingen, der unter dem Namen das Ries bekannt ist, ist bezüglich der Art und Weise seiner Entstehung den Geologen ein merkwürdiges Problem. Gümbel erklärte ihn für das Ergebnis eines Vulkanausbruches mit nachfolgender Senkung, wodurch ein moorartiges Wasserbecken entstand, das später nach Durchsägung der Umrandung abfloss. Nach den Ablagerungen zu schliessen, muss die Entstehung des Kessels in die Miocänzeit fallen, der Durchbruch dagegen in die quartäre Epoche versetzt werden. In jüngster Zeit haben Prof. W. Branco und Prof. E. Fraas das Riesgebiet zum Gegenstande einer genauen Untersuchung gemacht und kommen zu dem Resultate, dass alle dort wahrgenommenen Erscheinungen auf das Wirken des Vulkanismus, spezieller auf dasjenige eines unterirdischen Lavaergusses, der nicht an die Oberfläche drang, zurückzuführen sind. Seit den Untersuchungen von Gilbert und Holmes in den Gebieten von Colorado und Utah weiss man, dass innerhalb sedimentärer Gesteinsschichten gewaltige lokale Eruptivmassen vorkommen, die offenbar von unten aus tiefen, glühendflüssigen Herden durch schmale Kanäle emporgepresst wurden und sich in den geschichteten Gesteinslagern seitlich ausbreiteten, wobei die überliegenden Schichten aufgewölbt wurden. Diese intrusiven Eruptivmassen werden Lakkolithen genannt, und sie treten bisweilen, wenn die überlagernden Sedimentschichten weggewaschen sind, zu Tage, meist aber bleiben sie unterirdisch. Einem solchen Lakkolithen schreiben Branco und Fraas auch die Entstehung des Ries zu, indem derselbe zuerst die Schichten domförmig emporwölbte, dann aber selbst einsank infolge von Hohlräumen in sich oder unter sich. Dadurch mussten auch die gehobenen Massen an der Oberfläche absinken, und so entstand der Kessel des heutigen Ries. Nun finden sich hier gewaltige Gebirgsstöcke älterer Juraschichten über jüngern Juraschichten gelagert, und diese Lagerung erklärten die beiden genannten Geologen durch örtliche Über-

schiebungen der Schichten, welche bei der Hebung der Scholle eingetreten seien, ehe der heutige Rieskessel gebildet war. Durch diese Überschiebungen wurden die darunter liegenden Schichten des weissen Jura geglättet, geschrammt und gekritzt, genau so wie es auch seitens der Gletscher geschieht, wenn sie über die Oberfläche des Bodens sich bewegen. Diese Ergebnisse sind von Prof. Koken bekämpft worden, und infolgedessen hat Prof. Branco die preuss. Akademie der Wissenschaften zur Gewährung der pekuniären Mittel bestimmt, um am Buchberge bei Bopfingen einen Schacht abteufen zu lassen, der Aufschluss über die Schichtung in der Tiefe bis zu 26 *m* gewähre.[1]) Branco und Fraas waren der festen Überzeugung, dass durch diesen Schachtbau ihre Auffassung bestätigt würde: es finde dort eine anormale Überlagerung, eine Überschiebung statt, wodurch die Glättung und Schrammung des weissen Jura hervorgerufen worden sei. Nach Ansicht der beiden Geologen musste in einer Tiefe von etwa 25 *m* die Lösung gefunden werden.

Diese Annahme hat sich bestätigt gefunden. Im Schachte wurde zunächst bis zu 11.58 *m* Tiefe typischer Braunjura β durchsunken, darauf bis zu 25.6 *m* Tiefe Braunjura α in Gestalt fetter, blaugrauer Letten mit einer Schichtung, welche ein deutliches Umbiegen zeigte so, als wenn die ganze Gebirgsscholle vorwärts geschoben worden ist, wobei die liegendsten Schichten auf der Unterlage geschleppt wurden. Dieses Verhalten weist allein schon auf eine Überschiebung, nicht aber auf eine senkrechte Aufpressung hin. Auch der weitere Umstand deutet, wie Branco und Fraas betonen, darauf hin, dass dieses Schichtensystem über seine Unterlage fortgeschoben wurde, dass nämlich die Thone gegen die nun unter ihnen folgende Geröllschicht nicht scharf absetzen, sondern oben in dieselbe etwas hinein verknetet sind.

Diese unter dem Braunjura α folgende Geröllablagerung ist eine etwa 0.65 *m* mächtige, völlig wie eine Grundmoräne aussehende Masse. In überaus fester, teils sandiger, teils mehr thoniger Packung liegen zahlreiche Gerölle von Weissjura (δ und ε), die völlig übereinstimmen mit den von Koken sogenannten »Buchberggeschieben«. Alle sind typisch gekritzt. Ausserdem aber fanden sich grössere Kalkstücke, darunter ein etwa 1 *m* langer, prächtig geschrammter und geglätteter Block; sodann Fetzen schwarzer Thone und seltener Stücke bunter, roter und schwarzer Feuersteine. Die ganze Masse ist ungeschichtet, wirr gelagert, nach oben hin mit dem Thone verknetet, nach unten hin ganz fest in alle Ritzen des nun folgenden Weissjura hineingepresst.

Die Oberfläche dieses anstehenden Weissjura β ist vollkommen eben abgeschliffen, also poliert, dabei dicht mit Schrammen bedeckt, die ungefähr O—W verlaufen, genau auf das Rieszentrum.

---

[1]) Sitzungsberichte d. preuss. Akademie d. Wiss. 1901. 22. p. 301 ff.

Aus diesem Befunde ergiebt sich eine Anzahl von Folgerungen, die Branco und Fraas eingehender begründen:

»1. Da der abgeteufte Schacht sich weitab von dem Rande, vielmehr nahe der Mitte der Braunjurakappe des Buchberges befindet, und da auf dem Boden dieses Schachtes sich der blankpolierte und geschrammte Weissjura β befindet, so ist zunächst bewiesen, dass dieser Weissjura sich unter dem ganzen braunen dahinzieht, dessen Unterlage bildend, und dass er überall unter der Braunjurakappe geglättet und geschrammt ist.

2. Es ist mithin die Frage, in welcher Weise die gewaltige Braunjurakappe des Buchberges an ihre jetzige Stelle oben auf der Alb gelangt sei, dahin gelöst, dass die Quenstedt-Kokensche Hypothese, der Braunjura sei auf einer den Weissjura durchsetzenden Spalte von unten herauf gepresst, sich als völlig unhaltbar gezeigt hat.

Dagegen ist die von uns beiden aufgestellte Erklärung, nach welcher hier eine anormale Überlagerung des Weissjura durch den Braunjura vorliege, nun zweifellos erwiesen.

3. Es würde sich sonach nur noch um die Frage handeln, welches die Kraft gewesen sei, die diesen (natürlich aber auch die andern analogen Gebirgsmassen am Riesrande) gewaltigen Gebirgsstock älterer Juraschichten hier oben herauf auf die jüngern Juraschichten geschoben habe.«

Wenn man die Glättung und Schrammung des Weissjura β, die darüberliegende, einer Grundmoräne absolut gleichende Masse mit ihren gekritzten Geschieben betrachtet, so kann es für den, welcher der Sache ferner steht, zunächst nur einen Gedanken geben: Eis.

Branco und Fraas entwickeln näher die Gründe, welche eine Eiswirkung ausschliessen, nämlich die Richtung der Schrammen, sowie die Lagerung und Mächtigkeit der Gebirgsschollen, und da senkrecht Aufpressung auch ausgeschlossen ist, so bleibt nur die Annahme, welche beide Geologen wirklich gemacht haben. »Damit aber,« sagen sie mit Recht, »haben wir zum erstenmal den Vulkanismus (bez. einen Lakkolith) als einen Faktor nachgewiesen, welcher Überschiebungen zu erzeugen vermag, die dann ganz in derselben Weise erscheinen, wie die durch gebirgsbildende Kräfte, im kleinen auch durch Eis, hervorgerufenen Überschiebungen.

Indem die Unterlage der überschobenen Masse, Weissjura β, völlig ebenso blank poliert und geschrammt worden ist, als wenn ein Gletscher dies bewirkt habe, ist damit ein neuer Beweis dafür erbracht worden, dass durch Überschiebungen eine ähnliche Glättung und Schrammung anstehenden Gesteins hervorgerufen werden können, wie durch Eis.

Da jedoch im vorliegenden Falle diese pseudoglaziale Glättung und Schrammung einer echt glazialen nicht nur ähnlich, sondern

absolut gleich, von derselben so ununterscheidbar sind, dass ein Kenner glazialer Bildungen, wie Koken es ist, dadurch völlig irregeführt werden konnte, so ergiebt sich die dringende Mahnung, im allgemeinen Vorsicht in den Schlüssen auf ehemalige Vergletscherungen walten zu lassen.

Diese Mahnung aber klopft noch ungemein viel dringlicher an die glaziale Thür, denn auf diesem Weissjura und unter dem braunen liegt eine Masse, die nun wieder völlig ununterscheidbar von einer Grundmoräne ist, dieselbe Packung besitzt, dieselben gekritzten Geschiebe führt wie eine solche — und doch nicht glazialen Ursprunges, sondern durch eine Überschiebung erzeugt worden ist.

Zwar kannte man bisher auch schon durch Überschiebungen hervorgerufene pseudoglaziale Glättung und Schrammung des anstehenden Gesteins. Zwar kannte man, unter den Überschiebungsmassen liegend, auch bereits »gequälte« Gesteine, so den Lochseitenkalk. Aber unseres Wissens zum erstenmal lernen wir jetzt unter einer Überschiebungsmasse und durch dieselbe erzeugt eine Bildung absolut gleich einer typischen Grundmoräne, voll von typisch gekritzten Geschieben und doch nicht glazialen Ursprunges, kennen.«

Die Entstehung der zahlreichen Kritzen auf den Geröllen ist eine sehr erklärliche: wenn über eine Ablagerung, die aus Quarzsand und Kalkgeröllen besteht, eine Gebirgsmasse von gewaltigem Gewichte langsam oder schnell fortbewegt wird, so muss notwendig das kalkige Gesteinsmaterial durch das quarzige geritzt werden. Da nun weiter in jener scheinbaren Grundmoräne ganz dieselben gekritzten Geschiebe liegen, welche Koken in ziemlich weiter Verbreitung am Ries nachwies, auf welche er seinen Nachweis einer diluvialen Vergletscherung des Ries mitgründete, so fällt dieser Teil seines Beweises zusammen.

»Wir dürfen vielmehr«, sagen Branco und Fraas, »diese gekritzten »Buchberggeschiebe« als Leitgesteine ehemaliger nichtglazialer Überschiebungen am Ries betrachten. Die heute noch auf der Alb vorhandenen Überschiebungsmassen, deren eine der Braunjura des Buchberges ist, können nur die letzten Reste einer ehemaligen weiten Überschiebungsdecke sein.

Offenbar war vor Beginn der Überschiebungen, also der Riesbergbildung, die ganze dortige Alb mit einer Decke dieser Kalkgerölle bedeckt. Sie bilden wohl ein Äquivalent der sogenannten Kalknagelfluh, welche an andern Orten der Alb auftritt, und mögen wie diese eine marine Strandbildung des Tertiärmeeres sein. Daher haben sie sich offenbar im Liegenden aller Überschiebungsmassen des Riesgebietes einst befunden, die später darüber hinwegglitten. Jene »Buchberggeschiebe« also sind nicht mit überschoben, sondern lagen schon vor der Überschiebung auf der Alb. Sie beweisen folglich an allen den Orten, an denen Koken sie fand, nicht etwa das

Vorhandensein diluvialer Gletscher, sondern sie deuten nur an, dass hier ehemals auf ihnen noch Überschiebungsmassen lagen; sie sind nun, wie der überwiegend grösste Teil der letztern, durch Abwaschung längst abgetragen.

Erklärlicherweise können diese »Buchberggeschiebe« bei der stets fortschreitenden Abtragung der Alb auch verstürzen. So versteht es sich sehr leicht, wie sie in Gehängeschuttmassen geraten konnten, die unten am Fusse der Berge lagern. Diese erscheinen nun infolge dieser »Geschiebe«-Führung fälschlich als Grundmoräne.

Koken hat diese »Buchberggeschiebe« auch an andern Orten im Ries nachgewiesen, wo sie freilich nicht vom Gehänge abgestürzt sein können. Dort sind sie dann wohl ein Beweis dafür, dass sich auch dort früher überschobene Massen befanden, bezw. noch befinden; denn da, wo heute die Tiefe des Rieskessels liegt, befand sich ja vordem auch die Alb. Soviel wir übersehen können, handelt es sich bisher hierbei nur um Örtlichkeiten, die nahe der Peripherie des Kessels gelegen sind, an welchen daher das Dasein von Überschiebungen auch einleuchtend wird.

Des Fernern ergiebt sich, dass diejenigen »Buchberggeschiebe«, welche sich oben auf der Alb befinden, nicht etwa aus dem Ries herstammen, aus dem sie erst durch Gletscher in die Höhe, auf die Alb hinaufgeschoben wären, sondern sie sind ursprünglich schon oben auf der heutigen Alb ausgebreitet gewesen und finden sich jetzt unten im Rieskessel nur darum, weil eben auch an Stelle dieses sich einst die mit diesen Geröllen bedeckte Alb ausdehnte.«

Angesichts dieser Ergebnisse am Ries fällt aber von dieser Stelle ein helles Licht auf viele Bildungen bis in andere Weltteile und in längst vergangene Jahrmillionen der Erdgeschichte, auf Bildungen, die man bis jetzt einer Wirkung der Gletscher zuschrieb. »Wenn wir,« sagen Branco und Fraas, »sehen, dass am Ries durch Überschiebungen Erscheinungen hervorgerufen werden, welche täuschend ähnlich den glazialen sind, so wird man mit vollem Rechte erwarten dürfen, dass auch durch andere Arten von Gebirgsbewegungen unter Umständen gleiches erzeugt werden könne.

Dieselbe Überlegung gilt natürlich ebenso von den im Rotliegenden Englands, sowie in jüngern Formationen anderer Länder auftretenden, als glazial gedeuteten Bildungen.

Fern liegt es uns, damit die Frage jener prädiluvialen Eiszeiten endgültig gelöst haben zu wollen. Vielleicht aber geben unsere Beobachtungen am Ries doch den Schlüssel, welcher jenes Geheimnis für manche dieser Vorkommen in anderer als glazialer Lösung mit erschliessen hilft.

Doch natürlich nicht nur auf die Frage der prädiluvialen Eiszeiten bezieht sich das. Auch der Nachweis diluvialer Vergletscherungen kann eventuell einmal dadurch in Frage gestellt werden: bisher galten hier Glättung, Schrammung und Grundmoränenstruktur als

unwiderlegliche Beweise für diluviale Vergletscherung. Nunmehr ist durch das krasse Beispiel des Ries die Unfehlbarkeit jener Kennzeichen für glaziale Bildungen erschüttert.«

Im Ries ist von dem Lakkolithen, den Branco und Fraas zur Erklärung der ganzen Bildung annahmen, nichts zu sehen, er muss tief im Erdinnern ruhen. Diese Annahme begründen die genannten Forscher durch eine Reihe interessanter Erörterungen. Das Riesgebiet, eine pfropfenförmige Scholle von 5 Quadratmeilen Grundfläche, ist offenbar hochgehoben worden, bis jetzt sind aber nur Lakkolithe als ein Agens bekannt, welches senkrecht, von unten herauf, die Erdrinde über sich hochhebt. »Magma, aus dem Erdinnern, welches einfach in einer Röhre oder Spalte aufsteigt, bezw. heraufgepresst wird, kann überhaupt nun und nimmer hebend auf die Erdrinde wirken, denn die Erdrinde wird ja von der Röhre, bezw. Spalte einfach durchsetzt! In einer Spalte oder Röhre giebt es nicht viel zu heben. Bricht sich das Magma erst den Weg durch die Erdrinde, eröffnet es sich selbst erst die Röhre, so wird es das wohl nur mittels Explosionen thun, wie es im benachbarten Gebiete von Urach der Fall war. Hierbei wird das Gestein der Erdrinde zerschmettert und herausgeschleudert, aber nie wird es gehoben in der Weise, wie das Ries gehoben wurde, als ein Ganzes, als ein Pfropfen. Haben dagegen gebirgsbildende Kräfte die Spalte eröffnet, so ist sie offen und wird höchstens in explosiver Weise noch erweitert. In beiden Fällen also wird nicht einmal das in der Röhre oder Spalte ursprünglich vorhanden gewesene Material als Ganzes gehoben. Noch viel weniger aber wird das im weiten Umkreise um diese Spalte herum gelegene Gebiet als ein Ganzes gehoben.

Nur dadurch, dass Magma aus dem relativ engen Bereiche seiner Ausbruchsröhre heraus und seitlich in die Erdrinde eintritt, bezw. eingepresst wird, nur dadurch konnte überhaupt diese Hebung der Erdrinde bewirkt werden. In demselben Augenblicke aber, in welchem Magma aus der Röhre heraus und seitlich in die Erdrinde eintritt, wird es zum Lakkolithen. Folglich muss man bei dem Ries von einem Lakkolithen reden.«

Der neue Kraterkegel des Vesuv, dessen Bildung im September 1900 begann und bis zum April 1901 fortdauerte, ist von Professor Semmola eingehend untersucht und nunmehr in den Berichten der Akademie zu Neapel beschrieben worden. Der Kegel besitzt eine Höhe von nur 40 *m*, ist aber so steil, dass er kaum erstiegen werden kann; an den Aussenwänden ist er mit einer dicken Sandschicht bedeckt, die seine Besteigung noch schwieriger macht. Die innere Höhlung des Kegels ist von unregelmässig elliptischer Form und teilt sich längs der grössern Axe in zwei Teile. In dem nach Nordost gelegenen Teile hat sich ein Krater gebildet, dessen Tiefe

25 *m* nicht zu übersteigen scheint. An seinem Boden befindet sich die Eruptionsöffnung, die eine ansehnliche Säule von Dampf und Gas ausschleudert. Auf der andern Seite des Kegels besteht ein kraterähnlicher, von Spalten zerrissener Graben, von rauchenden Wällen umgeben und von dem vorher erwähnten Krater durch eine Art von Mauer geschieden. Die innern Wände des Kraters sind mit ausgeblühten Salzkrystallen bekleidet, in denen verschiedene Schattierungen von Rot und Gelb vorherrschen. Der Dampf bricht in kugelförmigen Wolken aus der Öffnung hervor, die sich bei ruhigem Wetter über dem Krater zu einer schönen Pinie von einigen 100 *m* Höhe ausbreiten. Die gasigen Erzeugnisse enthalten Säuren, auch Schwefelwasserstoff war darin zuweilen nachweisbar. Auf der untern Seite fühlte sich die Wandung des Kegels heiss an, und in einer Tiefe von 50 *cm* wurde eine Temperatur von 50 Grad gefunden. Ein Lichtschein ist nachts nicht bemerkbar, und Professor Semmola schliesst daraus, dass der vulkanische Herd gegenwärtig in einer beträchtlichen Tiefe liegt. Die allgemeine Eigenart der Erscheinung und im besondern das völlige Fehlen von Explosionen, Asche und Bomben deutet darauf hin, dass die Thätigkeit des Vesuv beträchtlich ist, aber ohne heftige Äusserung vor sich gehen kann, weil die Ausbruchskanäle gegenwärtig nicht verstopft sind.[1])

Über die Bildung stickstoffhaltiger Salze im Vesuvkrater berichtet R. V. Matteucci der Pariser Akademie.[2]) Am 1. September 1899 hörte die Lava des bis 3. Juli 1895 mehr oder weniger thätigen Vulkans auf, durch einen Seitenspalt auszufliessen. Der 200 *m* tiefe Krater füllte sich jetzt allmählich wieder, so dass er am 24. April 1900 nur noch 80 *m* Tiefe hatte und ein basischeres, sowie an gasigen Produkten reicheres Magma enthielt. Nunmehr begann eine Periode lebhafterer Thätigkeit, es floss zwar keine Lava aus, aber die Explosionen im Krater waren sehr heftig. Der Krater erweiterte sich merklich, sein Durchmesser betrug in NO-Richtung 164 *m*, in OW-Richtung 180 *m*, der Umfang 540 *m*. Starke Flammen loderten auf, Bomben und Schlacken wurden bis zu einer Höhe von 537 *m* über den Kratergrund geschleudert, darunter am 9. Mai ein Block von 12 *cbm* und einem Gewichte von nahezu 30 Tonnen. Er brauchte 17 Sekunden, um seine ganze Bahn zu durchfliegen, und die lebendige Kraft des Dampfes, die ihn ausgeschleudert, kann auf 45 599 635 *kgm* oder 607 995 Pferdestärken berechnet werden. Die während der Explosionsperiode (April bis Mai) vom Krater ausgeworfenen festen Massen betrugen eine halbe Million *cbm*. Durch diese Auswürfe hat sich die Höhe des Vesuvs um 10 *m* vermehrt.

---

[1]) Verhandlgn. der Ges. f. Erdk. Berlin 1901. **7.** p. 364.
[2]) Compt. rend. 1900. **131.** p. 963.

Matteucci verweilte vom 11.—13. Mai auf dem Vesuv. Am 13. morgens beobachtete er nur eine heftige Dampfemission, aber gegen Mittag begannen die Explosionen wieder und erreichten bald eine aussergewöhnliche Heftigkeit. Während er vom Kraterrande aus die Vorgänge verfolgte, wurde er von einer furchtbaren Explosion überrascht, Myriaden von glühenden Blöcken und Schlacken regneten um ihn nieder, und nur wie durch ein Wunder entkam er. Das interessanteste war, dass der ganze Krater zu glühen schien, und eine grosse Menge Bomben in der Luft zerplatzten.

Bei dieser Gelegenheit sah Verfasser Lapilli niederfallen, die mit Salmiak bedeckt waren, sowie Schlacken mit einer glänzenden Patina von metallischem Aussehen, die aus Eisennitrid bestand. Silvestri hat 1870 Versuche an Laven des Ätna ausgeführt, welche Aufschlüsse über die Bildung einiger Stickstoffverbindungen brachten. Er liess einen Strom Salzsäure über erhitzte, eisenhaltige Silikate streichen und erhielt Wasser, freies Silicium und Eisenchloride, und als er diese Chloride in einem Ammoniakstrome erhitzte, erhielt er neben Wasserstoff und Salmiak Salzsäure und Eisennitrid. Liess er dann beide Gase auf erhitzte Lava einwirken (Salzsäure und Ammoniak), so erhielt er reinen Wasserstoff, Chlorwasserstoffsäure und Eisennitrid unter Abscheidung von Salmiak.

Der Ätna ist gelegentlich der geodätischen Vermessungsarbeiten, welche den Anschluss der Insel Malta an Sicilien bezweckten, durch die Teilnehmer der Expedition im August 1900 bestiegen und die günstige Gelegenheit zu genauen Messungen des Kraters benutzt worden, die von Antonio Loperfido[1]) eingehend beschrieben sind. Die grösste Höhe des Ätna wurde zu 3279 *m* gefunden, die Tiefe des Kraters zu 252 *m* und die grösste Breite des Kraterrandes 527 *m*. Ferner ergab sich, dass der Kraterboden vom Zentrum des Observatoriums Bellini 1328,5 *m* entfernt ist, mit einem Richtungswinkel gleich 344° 34′ 15″, und dass die dem Kraterboden entsprechende Niveaufläche die Vertikale des Observatoriums in etwa 47 *m* über der Ebene des Pfostens der Drehkuppel schneidet.

Der Vulkan Etinde in Kamerun ist von Dr. E. Esch, auf dessen im Auftrage der Kolonialabteilung des Auswärtigen Amtes unternommenen Reise nach Kamerun, bestiegen und untersucht worden. In den Sitzungsberichten der Königl. preuss. Akademie macht dieser Forscher über seine Untersuchung der Gesteine des Vulkans eingehende Mitteilungen,[2]) aus denen hier nur folgendes hervorgehoben werden soll.

Der Etinde bildet in dem mehr als 150 *qkm* grossen Vulkangebiete des gewaltigen Kamerunberges, dessen Hauptkrater der Mango

[1]) Memoire della Societ à degli Spettroscopisti Italiani 1901. **30.** p. 54—64.
[2]) Sitzb. der Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften 1901. X. XI. XII. p. 277.

ma Loba bis zu 4000 *m* aufragt, einen zwar verhältnismässig kleinen, aber durchaus selbständigen Gebirgsstock.

Sein Gipfel liegt fast genau in der Linie, durch welche man den Mango ma Loba mit dem Pik von Fernando Póo und weiterhin mit den Eruptionszentren von Principe, São Thomé und Annobon sich verbunden denkt. Bei etwa 1000 *m* Meereshöhe ragt er aus dem breiten Sockel des grossen Kamerunberges, kaum 5 *km* von der Küste entfernt, wie ein Dorn hervor, und erhebt sich, frei von den umhüllenden Laven, Aschen und Tuffen, mit denen der Mango ma Loba und viele seiner kleinen Nebenkrater seinen Fuss verdeckt haben, bis zu fast 2000 *m* Meereshöhe empor. Nach der Küste zu fällt er äusserst steil, oft um mehrere hundert Meter absolut senkrecht, ab. Nach Norden und Osten hin senkt er sich erst allmählich, dann immer steiler, bis er, scharf absetzend, in den Tuffen des Hauptberges verschwindet. Im Gegensatze zu dem grossen Kamerunberge und den zahlreichen kleinen vulkanischen Kegeln an dessen Fuss, die in ihren charakteristischen Formen vorzüglich erhalten sind und nur geringe Spuren von Erosion erkennen lassen, zeigt der Etinde schroffe Hänge und Schluchten und schmale scharfe Kämme, die an manchen Stellen, wenn sie nicht mit Buschwerk bestanden wären, kaum passierbar sein würden. Aus diesem Grunde ist es auch vor Dr. Esch, trotzdem mehrfach der Versuch gemacht wurde, niemand geglückt, den Gipfel des Berges zu erreichen. Die kesselförmige Bildung des Kraters in Gedanken zu rekonstruieren, ist durch die überall üppig wuchernde Vegetation sehr erschwert. Welches Alter dem Vulkan zuzuschreiben ist, kann unmittelbar nicht bestimmt werden, da er in keinem Verbande mit aufgeschlossenen Sedimenten steht; jedenfalls repräsentiert er aber eine der ältesten Eruptionen in jenem Gebiete. Die Laven des grossen Kamerunberges durchbrechen und bedecken teilweise die Kalk- und Sandsteinschichten der obern Kreide, und seine jüngsten Tuffe führen Pflanzenreste, die der jetzt lebenden Flora entsprechen.

Ebenso wie in seiner äussern Erscheinungsform, steht der Etinde auch in petrographischer Beziehung völlig isoliert da. Während in dem weiten Gebiete des grossen Kamerunberges nur Basalte und Andesite auftreten, ist der Etinde aus Nephelin-, Leucit- und Hauyngesteinen, denen Feldspate durchaus fehlen, aufgebaut.

Der Erhaltungszustand der Gesteine ist durchweg ein sehr guter, Verwitterungserscheinungen an denselben zeigen sich, mit wenigen Ausnahmen, nur in sehr dünnen, braunen Krusten, welche die Blöcke oder das Anstehende überziehen.

Der Krater Epochä im nördlichen Teile des Manengubagebirges in Kamerun ist von Diehl bestiegen worden.[1]) Der Rand

[1]) Deutsches Kolonialblatt 1901. No. 15.

des unter 6 ° n. Br. liegenden Kraters soll 2110 *m* über den Meeresspiegel aufragen, und der Krater selbst einen Durchmesser von 3 *km* besitzen. Die Kraterumwallung erhebt sich im Südosten bis etwa 300 *m* über den Kraterboden und fällt gegen ihn im Süden fast senkrecht ab. Diehl, der den Kraterboden durchquerte und einige Kraterkegel bestieg, fand in zweien der letztern in einer Tiefe von 40 bis 50 *m* smaragdgrüne Seen von 120 zu 70 und 200 zu 10 *m* Durchmesser. Der Epochä bildet den nördlichen Teil des Manengubagebirges und ist von dem südlichen Teile, einem westöstlich laufenden Bergrücken, der im Osten im gewaltigen Wandabsturze endigt, nur durch ein breites, flaches Hochthal getrennt.

Der Ausbruch des Adatara in Japan am 7. Juli 1900. Der Berg hatte schon $1^1/_2$ Jahr lang Zeichen von Thätigkeit gegeben, der obengenannte Ausbruch erfolgte aber plötzlich, und es wurden etwa 70 Menschen getötet, die sich in seinem Krater mit der Ausbeutung von Schwefel befassten.[1] Der Adatara, auch unter dem Namen Numajiriyama oder Dakeyama bekannt, ist einer jener Vulkane, welche in der Mittellinie des nördlichen Japans eine lange Bergkette bilden, die von dem nördlichen Ende bis zur Fuji-Zone von Zentraljapan reicht, welche diese Kette unter rechtem Winkel kreuzt. Er liegt in der Provinz Iwashiro nahezu 19 *km* östlich vom Bandai und 11 *km* südlich vom Azumayama. Sein Gipfel erreicht eine Höhe von 1420 *m* über dem Meeresspiegel, und der sanft eingebogene Umriss des Berges lässt sofort auf seine vulkanische Natur schliessen.

Unmittelbar nach dem Ausbruche wurde der Vulkan von den Geologen Inouye und Kanehara besucht, ersterer von der kaiserlich japanischen geologischen Reichsanstalt, letzterer von dem Untersuchungskomitee für Erdbeben abgesandt. Aus dem Berichte des letztern entlehnt Prof. Yokoyama das Nachstehende.

Der Krater des Adatara ist nahezu rund und ist von einem nach innen steil abfallenden Walle umgeben, der im Westen von einem Barranco tief eingeschnitten wird. Der Rand des Kraters hat viele Erhebungen, welche bestimmte Namen tragen. Der Boden des Kraters, unter der Benennung Numa-no-taira (Moorebene) bekannt, war vor dem Ausbruche ein flaches Stück Land von unregelmässig rundlichem Umrisse, ca. 500 *m* im Durchmesser, auf welchem sich viele Solfataren mit dicken Schwefelablagerungen befanden. Nach der Eruption war der mittlere Teil desselben eingesunken und bildete einen neuen Krater von annähernd ovaler Gestalt, dessen Längsaxe von NW nach SO verläuft, mit einer schmalen dreieckigen Erweiterung auf der Nordseite. Die Längsaxe

---

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau für Geographie 1901. 23. p. 306.

dieses Kraters misst etwa 300 *m*, die kleinere Axe 155 *m*, die Wand innerhalb desselben fällt fast senkrecht ab. Ihre Höhe wird auf 28 *m* geschätzt. In diesem neuen Krater zählte Inouye 19 Höhlungen, meist kreisrund, einige auch von elliptischer und von unregelmässiger Form. Die grösste befindet sich auf der Westseite; sie ist elliptisch (50 und 20 *m* im Durchmesser) und war zur Zeit von Inouyes Besuch die einzige, welche dicke Rauchwolken aussandte. Die kleinern (Durchmesser 9—4 *m*) waren entweder leer oder mit Wasser gefüllt, das in einzelnen thatsächlich kochte. Von den leeren Höhlen hauchten einige Dämpfe aus. Von der Schwefelraffinerie, welche früher auf dem Grunde des Kraters stand, wurde keine Spur mehr vorgefunden.

Über Ausbrüche des Adatara finden sich wenig Nachrichten, doch wird in alten Urkunden erwähnt, dass er 807 v. Chr. Schlamm und Sand ausgeworfen, und dass ein ähnlicher Ausbruch sich bereits 370 Jahre früher ereignet habe. Seitdem scheint der Berg geruht zu haben, bis er vor einigen Jahren seine Thätigkeit wieder aufnahm. Anfang 1899 wuchs die Zahl der Solfataren (bis dahin 7) und mit derselben auch die Menge des ausgesandten Rauches, auch Asche und Steine wurden ausgeworfen, so dass die Schwefelgewinnung, die seit Jahren im Krater betrieben wurde, oft unterbrochen werden musste.

Es war Inouye schwer, festzustellen, ob der letzten Eruption Vorboten vorausgegangen waren. Der einzige Augenzeuge des Ausbruches, der davongekommen und daher Auskunft hätte geben können, ein Knabe von 12 Jahren, versicherte, dass dem Hauptausbruche um 6 Uhr abends ein schwächerer um 4 Uhr abends vorausging. Die Einwohner von Numajiri sollen in der vorangehenden Nacht Erdbeben verspürt haben, und auch am Tage der Eruption selber wurde zu Fukushima, einer Stadt, welche 20 *km* ostnördlich vom Krater liegt, ein schwaches Beben verspürt. Dass der zweite Ausbruch, welcher das Unglück bewirkte, sich um 6 Uhr abends ereignete, ist glaubwürdig, denn um diese Stunde hörte die Bevölkerung von Numajiri lautes Donnern, und zur selben Zeit sah sie von dem Gipfel des Berges eine schwarze Rauchwolke aufsteigen.

Die Erscheinungen des Ausbruches bestanden vornehmlich in Auswurf von Dampf, Asche und einigen Steinen. Es bildete sich ein schmaler Schlammstrom, welcher durch die Barranco floss, aber bald zum Stehen kam. Der grösste Teil der während der Eruption ausgeworfenen Asche fiel in unmittelbarer Nachbarschaft des Kraters nieder. Die Dicke der Aschenschicht betrug im Krater nach den Messungen von Inouye 2—7 *m*, während sie in 1 *km* Entfernung nur mehr 3—6 *dcm* betrug; doch wurde sehr feine, staubartige Asche durch Westwind bis 20 *km* oder selbst darüber vom Krater getragen und färbte daselbst die Blätter der Bäume grau.

Die südlichsten Vulkane Mittelamerikas, nämlich diejenigen des zentralen Hochlandes von Costarica und der kolumbianischen Provinz Chiriqui, welche bis jetzt nur höchst mangelhaft bekannt sind, hat Carl Sapper im Frühjahre 1899 besucht und macht darüber jetzt interessante Mitteilungen.[1])

A. Die Vulkane des Hochlandes von Costarica. Von den Vulkanen des zentralen Teiles haben drei (Poás, Irazú und Turrialba) noch in historischer Zeit sich thätig gezeigt. Sie liegen in ostsüdöstlicher Richtung neben einander, getrennt durch die tiefen Einsenkungen von Desengaño (1800 *m*) und La Palma (1500 *m*), während der Turrialba das Ende einer im Vulkane Irazú stumpfwinklig von der Hauptspalte sich abzweigenden Seitenspalte bezeichnet. „Alle diese Vulkane fallen gegen Norden jäh nach dem Tieflande zu ab, während sie gegen das südlich gelegene Hochland in schwacher Neigung stufenförmig sich abdachen. Man begreift dieses Verhalten, wenn man sich das starke Überwiegen der östlichen und nördlichen Winde vor Augen hält, wie es in ganz Mittelamerika zu beobachten ist. Man kann sich leicht vorstellen, dass der weitaus grösste Teil des zu Tage geförderten Auswurfsmateriales sich auf der westlichen und südlichen Abdachung der Vulkane abgelagert hat, und dass aus diesem Grunde auf dieser Seite auch die Hänge flacher geneigt sind, als auf der entgegengesetzten Seite.

Die Vulkane des Hochlandes von Costarica stossen im Südwesten an ein ansehnliches Gebirgsland, und die lockern Auswürflinge, in Verbindung zuweilen mit beträchtlichen Lavaströmen, vermochten leicht die verhältnismässig unbedeutende Einsenkung zwischen den Vulkanen und dem südlichen und westlichen Gebirge auszufüllen. Neue Ausbrüche erhöhten allmählich das ursprüngliche Niveau der auf diese eben erwähnte Weise entstandenen Hochebene, und je höher das Niveau derselben stieg, desto flacher mussten naturgemäss auch die der Ebene zugewendeten Vulkanhänge werden, deren sanfte Böschung da und dort durch darüber hinfliessende Lavaströme noch für die Zukunft gesichert wurde. In Perioden längerer vulkanischer Ruhe erniedrigte dann die Erosion mehr und mehr das Niveau der aufgesetzten Hochebene, und die nach der Tiefe wie Breite wirkende fortschaffende Thätigkeit der zahlreichen, in den regenfeuchten Wäldern der Vulkane und der benachbarten Gebirge entspringenden Wasseradern zerstörten allmählich mehr und mehr die Ebene, die sich dann in Zeiten neuer, langandauernder vulkanischer Thätigkeit wieder frisch bildete, aber nicht mehr das Niveau der ursprünglichen Ebene erreichte u. s. w. Es hätte demnach hier derselbe Vorgang im Grossen stattgehabt, wie er im Kleinen zu der Bildung von Flussterrassen führt, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Auffüllung der neuen Ebene nicht durch die Geschiebe und Sinkstoffe von Flüssen, sondern durch die vom Winde herbeigetragenen vulkanischen Auswürflinge bewirkt wurde. Es mag dabei gelegentlich zu Stauungen des Wassers und damit zu vorübergehender Seenbildung gekommen sein, aber jedenfalls war dieser Vorgang ein ganz nebensächlicher und hat mit der Terrassenbildung der costaricanischen Vulkane nichts zu schaffen.

Wer die in historischer Zeit von mittelamerikanischen Vulkanen ausgeworfenen Aschen- und Lapillimassen sich vorgegenwärtigt, wird sich allerdings nicht vorstellen können, dass dieselben zur Bildung so ausgedehnter Hochebenen hinreichen sollten, wie man sie angesichts der vorhandenen Terrassen für das Hochland von Costarica annehmen muss. Es kann aber kein Zweifel darüber sein, dass in frühern Zeitperioden die

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft 1901. **53** 1. Heft. p. 24 ff.

Thätigkeit der mittelamerikanischen Vulkane eine viel intensivere und ausgiebigere gewesen ist, als heutzutage, weshalb auch die lockern vulkanischen Auswürflinge damals eine viel grössere Rolle in der Bodenplastik Mittelamerikas spielten, als heutzutage. Welche Bedeutung die Ablagerungen der lockern Auswürflinge erreichen können, sieht man vielleicht nirgends in Mittelamerika so deutlich, als bei San Rafael del Sur (Nicaragua), wo über den horizontal geschichteten, jungtertiären Schichten des genannten Platzes sich eine Kappe von lose zusammengebackenen Lapilli und vulkanischen Sanden in einer Mächtigkeit von 4—500 *m* abgelagert hat."

Poás (2644 *m* hoch) hat drei Krater auf der Gipfelkuppe, von denen aber der südlichste, wie Sapper fand, im Innern mit Wasser gefüllt ist. Der mittlere Krater ist der jüngste und noch immer thätig. Seine Wände bestehen abwechselnd aus Lagen lockerer Auswürflinge, die zahlreiche grössere und kleinere Bomben und Lavabrocken einschliessen, und aus total zersetzten, einst festen Gesteinsbänken.[1]) Auf der Ostseite des Kraters bemerkt man den sichelförmigen Rest eines ehemaligen Kraterbodens in etwa $^3/_4$ Höhe der Wand; dieser Absatz ist bereits von zahllosen, mehr oder weniger tiefen Runsen durchzogen, die allmählich zu seiner völligen Zerstörung führen müssen. Die Erosion erreicht überhaupt in dem lockern Materiale der Kraterwände rasch bedeutende Wirkungen, und allenthalben sieht man die ganz vegetationslosen, grauen Wände von tiefen Schluchten und Rinnsalen durchzogen, auf denen das Regenwasser in jähem Falle dem Grunde des Kraters zustürzt. Hier haben sich die Regenwasser zu einem kleinen See gesammelt, der einen Durchmesser von etwa 150 *m* haben mag, und der da und dort in den untersten Teil der Schluchten oder Rinnsale eindringt und so ein sehr vielfach zerrissenes Ufer erzeugt und die ursprüngliche Kreisform modifiziert; an andern Stellen bemerkt man aber bereits Ansätze von winzigen Uferebenen, die infolge von ausgeschiedenem Schwefel ein grünliches Aussehen besitzen. Auf dem Grunde des Kraters befinden sich offenbar zahlreiche kleine Fumarolen; da dieselben aber vom Wasser bedeckt sind, so ist ihre Lage nicht genau zu erkennen. Sie müssen reich an H_2S und SO_2 sein und haben durch ausgeschiedenen Schwefel das Wasser des Sees milchigweiss gefärbt. Ein leichter Dampf steigt allenthalben von dem weissen Spiegel des Sees auf, der gewöhnlich in einer leichten, fast wirbelförmigen Bewegung sich befindet. Es ist ein prachtvoller Anblick, den wunderbaren See mit seinen weissen Dampfwolken auf dem Grunde des absolut vegetationslosen Kessels zu erblicken. In unregelmässigen Zwischenräumen brodelt es dann plötzlich an einer etwas exzentrisch (nördlich) gelegenen Stelle, und es steigen unter mächtigem Gebrause schwärzliche Schlammmassen auf und sprudeln etwa 1 Minute lang bis zu 5—7 *m* Höhe empor, während kreisförmige Wellen den Ufern zueilen und sie mit Schlamm überspritzen; eine riesige weisse Dampfsäule steigt empor, dann ist wieder alles ruhig bis auf die ruhelose, geringfügige Dampfentwickelung des normalen Zustandes. Infolge der geisirähnlichen Eruptionen sind die Gewässer des Kratersees mit suspendiertem Schlamme erfüllt, so dass sie aus der Nähe ein schmutziges Aussehen zeigen, während sie aus der Ferne, wie schon erwähnt, milchigweiss erscheinen.

Barba (2835 *m*) hat drei Gipfel, von denen der mittlere einen wohlerhaltenen Krater trägt, dessen Grund von einem kleinen See ausgefüllt wird.

Irazú (3414 *m*), berühmt durch die Aussicht von seinem Gipfel, welche den Anblick zweier Weltmeere gestattet, wird deshalb oft bestiegen, aber die vulkanischen Phänomene des Berges sind nur mangelhaft beobachtet. Sein Gipfel „ist der Kulminationspunkt eines geschwungenen Berggrates, welcher sich deutlich als Überrest einer alten Kraterumwallung bekundet;

[1]) Pittier schätzt seinen Durchmesser auf nur 80 *m*.

nach WSW. hin zieht sich vom Gipfel aus ein aus lockern Lapilli bestehender Bergrücken hin, der sich ziemlich steil nach Norden hin, ziemlich sanft nach Süden hin abdacht. Da und dort haben Wasserrisse sich ihren Weg durch die Lapilliflächen gebahnt, und an vielen Stellen bemerkt man kleine, flach trichterförmige Einsenkungen im Lapilliboden, welche wohl nur durch ungleichförmige Nachsackung des Untergrundes entstanden sind. Von dem grossen, ehemaligen Gipfelkrater des Irazú ist nur ein zwickelförmiger Überrest des alten Kraterbodens erhalten; derselbe ist von Lapilli bedeckt und besitzt etwa 3320 *m* mittlerer Höhe, liegt also etwa 110 *m* unter dem höchsten Gipfel. Der noch erhaltene Teil der Kraterumwallung senkt sich östlich vom Gipfel auf etwa 3350 *m* und steigt dann wieder bis 3370 *m* an.

Da von der Umwallung des Urkraters nur etwas mehr als ein Quadrant erhalten ist, so kann man seine Grösse nicht genau feststellen; als Durchmesser mag man etwa 1200 *m* annehmen. Seine Form mag oval gewesen sein, seine Längsaxe ostwestliche Richtung besessen haben.

Später senkte sich auf der nordöstlichen Seite ein tiefer, ovaler Krater ein, dessen Längsaxe in nordnordöstlicher Richtung verläuft und etwa 500 *m* messen mag, während die Queraxe etwa 400 *m* lang sein mag. Die Umwallung dieses Kraters, die grossenteils aus kompaktem Fels besteht und deshalb stellenweise sehr steil ist, ist zum grössten Teile vortrefflich erhalten und durch eine ganz flache, nach Südwesten hin sich vertiefende Einsenkung von der Umwallung des Urkraters getrennt. Der westliche Teil der Umwallung wurde zerstört durch die Entstehung des dritten Hauptkraters, der eine westnordwestlich gerichtete Längsaxe von etwa 800 *m* Länge besitzt, während die Queraxe etwas über 700 *m* beträgt. Der höchste Gipfel der Umwallung befindet sich nordwestlich vom Mittelpunkte. Die tiefste Einsenkung der Umwallung (3180 *m*) befindet sich auf der Nordseite; im Nordosten lehnt sich die Umwallung an diejenige des Ostkraters an und bricht in steiler Felswand ab. Auf der Ostseite sind die Auswürflinge des Kraters über den Rand des Ostkraters vorgedrungen und haben einen Grenzwall erzeugt, der an seiner tiefsten Einsenkung 3235 *m* Höhe erreicht; im Süden begrenzt die horizontale Fläche des ältesten Kraterbodens (3315 *m*) die Umwallung, die zunächst in Steilwänden abbricht, an denen einige härtere horizontale Gesteinslagen leistenförmig vorspringen, dann aber in allmählich sich abflachenden Schutthalden nach dem Innern des Kraters sich abdacht. Der Boden des dritten Hauptkraters mag etwa 3140 *m* über dem Meere liegen; er ist aber nur an einer Stelle im Norden erhalten und an einer zweiten Terrasse im Süden noch angedeutet. Sonst aber war das Innere des dritten Hauptkraters der Schauplatz so zahlreicher kleinerer Eruptionen, dass durch Bildung von Tochterkratern die ursprüngliche Kaldera fast ganz überdeckt worden ist".

Turialba (3325 *m*) ist schon durch K. v. Seebach eingehend beschrieben worden und gegenwärtig ohne Schwierigkeit zu besteigen.

B. Der Vulkan Chiriquí (3650 *m*) wurde 1858 von Moritz Wagner eingehend untersucht, auch glaubte derselbe, dass der Gipfelkrater noch jetzt schweflige Dämpfe aushauche. Sapper fand dies nicht bestätigt und ebensowenig das Vorhandensein „zweier abgestutzter, wahrscheinlich später gehobener Kegel südlich und südwestlich vom mittlern Hauptkegel" oder diejenige von einer nordnordöstlich gerichteten Erhebungsaxe. Vielmehr erschien ihm der Vulkan als ein breites Bergmassiv, dessen zahlreiche Kämme, Kuppen und sonstigen Erhebungen wohl als Zeugen einer sehr langandauernden, phasenreichen Eruptionsthätigkeit des Berges angesehen werden dürfen, obgleich es nicht möglich ist, die Rolle näher zu definieren, die jede einzelne Erhebung in der Geschichte des Berges gespielt hat.

Das breite Massiv der Gipfelregion des Chiriquivulkanes senkt sich nach allen Seiten steil nach dem tief gelegenen Gelände der Umgebung ab. Zahlreiche Thäler und tiefe Wasserrisse haben sich allenthalben am Gehänge des Vulkanes gebildet, und scharfe, oben sehr steile, nach unten zu sich sanfter hinabsenkende Berggrate haben sich zwischen den einzelnen Thälern gebildet. Da an allen diesen Graten unpassierbare Felswände auftreten sollen, so eignen sie sich nicht als Besteigungsroute, und deshalb sind auch wohl die Besteigungsversuche Wagners und zahlreicher anderer, aus Einheimischen zusammengesetzter Partien missglückt. Vor einigen Jahren versuchte dann ein deutscher Botaniker, mit zahlreichen Führern über die Lapilli- und Aschenfelder im Südwesten emporzusteigen, musste aber wegen der lockern Beschaffenheit der Asche wieder umkehren. Angesichts dieser Schwierigkeiten versuchte Sapper die Besteigung von Südosten her über die Lomas del Volcan und konnte sie mit zweimaligem Biwak in 2340 *m* ohne besondere Schwierigkeit durchführen. Wohl machten die zahlreichen Bambusendickichte, welche das Unterholz des Hochwaldes bilden, die Wanderung etwas mühsam. eine eigentliche Schwierigkeit bot aber nur der Abstieg vom äussersten Ringwalle zur Lapilliebene dar, und da beide Chiricaner Führer sich hier weigerten, weiterzugehen, so hätte Sapper unverrichteter Sache umkehren müssen, wenn er nicht durch seinen aus Guatemala mitgebrachten Indianer den Rest der Besteigung hätte erzwingen können. Indem er am Heimwege etwas weiter südlich den Anstieg zum äussersten Ringwalle versuchte, kam er ohne besondere Schwierigkeit hinauf, weshalb er seine Anstiegroute (vom Hato de los Lambères am Boquete aus) etwaigen spätern Besteigern empfehlen kann. Eine gründliche Erforschung dieses isolierten Vulkanes wäre sehr zu wünschen, da Sapper bei seiner beschränkten Zeit und der ungünstigen Witterung nur das Allernotwendigste flüchtig beobachten konnte. Auch die Umgebung des Vulkanes könnte noch manche Überraschung bieten.

Gasentwickelung in feurigen Gesteinen. Der französische Forscher Armand Gautier hat höchst interessante Untersuchungen angestellt über die Gase, die durch die Wärme aus feurigen Gesteinen entwickelt werden. Er fand, dass ein Gasgemisch ähnlich den vulkanischen Gasen aus tiefen, feurigen Gesteinen, besonders aus Graniten, zu entweichen strebt, sobald diese bei Anwesenheit von Wasser auf 300° und darüber erhitzt werden. Das Wasser braucht keineswegs der Oberfläche zu entstammen, sondern die feurigen Gesteine enthalten genügende Mengen desselben. Ausserdem wies Gautier nach, dass die gefundenen Gase sich erst während des Erhitzens bilden. Damit wird ein helleres Licht auf den Ursprung der unterirdischen Gase, die bei vulkanischen Erscheinungen und in den warmen Quellen auftreten, geworfen. Eine bereits erstarrte Schicht muss, wenn sie durch Einsturz, Seitendruck oder Berührung mit der innern geschmolzenen Masse der Erde von neuem erhitzt wird, durch alle Spalten Gase und Dämpfe ausstossen, die neu entstanden sind. Ein Kubikmeter Granit wird bei Erhitzung auf 1000° das 20fache Volum an verschiedenen Gasen und das 89fache Volum an Wasserdampf ausströmen. Damit ist die Quelle einer ungeheuren explosiven Kraft nachgewiesen, die zur Erklärung vieler vulkanischen Erscheinungen völlig ausreicht, ohne dass man genötigt

wäre, das Eindringen atmosphärischer Wasser in die tiefen, feurigflüssigen Schichten der Erdrinde anzunehmen.

Der Sitz der heutigen vulkanischen Kräfte. Dr. Alfons Stübel hat die Ergebnisse seiner Studien über dieses wichtigste vulkanische Problem kurz zusammengefasst.[1]) Als Ursache aller vulkanischen Thätigkeit sieht Stübel mit Recht den Erkaltungsprozess an, welchen die glutflüssige Materie des Erdkörpers durchlaufen hat und noch durchläuft, um endlich in einen starren Zustand überzugehen. Mit der Erstarrung der Materie erlischt die vulkanische Kraft; die glutflüssige Masse ist demnach selbst die Trägerin der vulkanischen Kraft. Als notwendige Folge des Erkaltungsvorganges giebt sich die zeitweilige Ausstossung glutflüssigen Magmas aus dem Innern der Erde nach ihrer Oberfläche zu erkennen. Diese Ausstossung ist eine unbestreitbare Thatsache, sie wird durch die direkte Beobachtung bewiesen; alle vulkanischen Schöpfungen und speziell die grosse Zahl der Vulkanberge ohne Thätigkeit gegenüber der nur sehr kleinen der thätigen, liefern den Beweis dafür, ebenso wie das Verhalten aller noch bestehenden Eruptionszentren.

Die zeitweise Ausstossung einer gewissen Menge des glühendflüssigen Magmas wird nach Stübel wahrscheinlich durch eine in einem gewissen Stadium der Erkaltung eintretenden Volumvergrösserung, sowie durch den Gasgehalt der glutflüssigen Materie verursacht.

Als der glühendflüssige Erdball sich zuerst mit einer dünnen Hülle zu umkleiden begann, mussten an unzähligen Punkten Durchbrechungen und Einschmelzungen derselben stattfinden, zur Bildung von vulkanähnlichen Massen konnte es nicht kommen. Erst mit dem allmählichen Hinabrücken der feurigflüssigen Massen nach dem Zentrum der Erde konnten eigentliche vulkanische Erscheinungen an der Oberfläche eintreten, und diese mussten im Laufe langer Zeitperioden zuletzt einen Höhepunkt erreichen, dann aber wieder abnehmen, weil der Widerstand der Erstarrungskruste die eruptive Kraft überwog. Dieser Höhepunkt ist bei der Erde ohne allen Zweifel überschritten. Die gesamten Eruptionsprodukte der grossen Ausbruchsperiode, die mit der Bildung der Erstarrungskruste der Erde ihren Anfang nahmen, müssen sich über der letztern ausgebreitet und aufgeschichtet haben. Sie bildeten ein System übereinander gelagerter Gesteinsbänke, welchem Stübel den Namen Panzerdecke beilegt. Bis zu welcher Tiefe die Erstarrung im Erdinnern vorgedrungen sein muss, dafür giebt die Mächtigkeit der metamorphischen und sedimentären Gesteinsablagerungen eine Vorstellung, weil diese doch nur aus dem Materiale aufgeschichtet werden konnten, das den Erstarrungsprodukten der Erdoberfläche, mithin der Panzerdecke, entlehnt worden ist.

[1]) Mitteilungen aus dem Museum f. Völkerkunde zu Leipzig. Abteilung für Länderkunde. Leipzig 1901.

»Würden wir aber,« sagt Stübel, »die Mächtigkeit dieser jüngern Ablagerungen, zu denen höchst wahrscheinlich manche Gesteinsarten zählen, die bis jetzt noch vielfach als Eruptivgesteine betrachtet werden, ohne es zu sein, auch nur auf 15—20 *km* veranschlagen, so stellt dieses Schichtensystem in seiner ganzen vertikalen Ausdehnung doch erst einen Bruchteil von der von uns vorausgesetzten Mächtigkeit der Panzerdecke dar.

Wenn aber ein Schichtensystem von 15—20 *km* Mächtigkeit gewissermassen nur die Rolle einer Verwitterungsrinde des eruptiven Untergrundes spielt, so können wir uns leicht vergegenwärtigen, welche unermesslichen Zeiträume vergangen sein müssen, um die lange Reihe der mechanischen und chemischen Aufbereitungsprozesse ablaufen zu lassen, deren vielleicht ein jeder einzelne die Dauer von Jahrmillionen für sich in Anspruch nahm, und durch welche Prozesse das vulkanische Material erst bis in das der Sedimentformationen übergeführt wurde; welche Zeiträume müssen aber bereits verstrichen gewesen sein, bevor überhaupt äussere Einflüsse diese Umwandlungsvorgänge einleiten konnten!

Aus diesen Zeiträumen lässt sich also wiederum mit grosser Sicherheit auf die ungeheure Tiefe schliessen, bis zu welcher die Erstarrung des Erdkörpers notwendig vorgeschritten sein muss.

Nur eine Unterschätzung der Zeitwerte, die dieser Massstab dem rechnenden Geologen an die Hand giebt, in Verbindung mit einer gleichzeitigen Überschätzung der vulkanischen Erscheinungen der Gegenwart in ihrer Bedeutung zur ursprünglichen Feuerflüssigkeit des Erdkörpers, vermag zu der gewiss nicht stichhaltigen Annahme zu verleiten, dass die Dicke der Erstarrungskruste der Erde eine relativ kleine Zahl von Kilometern, etwa 100 oder gar nur 50, betragen könne, welche Ansicht befremdenderweise selbst von einzelnen Geologen vertreten worden ist.«

Das Vorhandensein dieser Panzerdecke ist aber auch nach einer andern Seite hin von Wichtigkeit; »es nimmt uns,« wie Stübel sich ausdrückt, »die Berechtigung, in den krystallinischen Tiefengesteinen die Erstarrungsprodukte der planetaren Erstarrungskruste zu erblicken, und schliesst ferner die Möglichkeit aus, dass die Schrumpfung der planetaren Erstarrungskruste ihre dynamischen Wirkungen bis in die sedimentären Gesteinsschichten übertragen und die Aufrichtung ganzer Schichtensysteme zu Gebirgszügen bewirkt habe. Wenn eine Schrumpfung mit solcher Wirkung überhaupt in Betracht kommen sollte, so müsste es die sein, welche sich in der Panzerdecke selbst vollzogen hat. Dabei ist aber zu beachten, dass die Panzerdecke eine homogene Gesteinsmasse nicht darstellt, sondern sich aus Gliedern sehr verschiedener Eruptionsepochen zusammensetzt, welche eine Einheitlichkeit des Schrumpfungsprozesses ausschliessen.«

Dass eine solche Panzerdecke wirklich vorhanden ist, wird schon allein durch die Thatsache erwiesen, dass die vulkanischen Kräfte zeitweise das glühendflüssige Magma emporführen. Innerhalb der Ablagerung so ungeheurer Massen glutflüssigen Gesteines, die ehedem ausgestossen worden sind, und die ihren in der Tiefe begonnenen Erstarrungs- und Erkaltungsprozess noch fortsetzen, nachdem sie auf die Oberfläche der Erde gelangt waren, mussten, wie Stübel betont, notwendig ganz ebensolche Reaktionen eintreten, wie die waren, durch welche auch sie aus der Tiefe des Erdinnern emporgehoben wurden. »So sehen wir nun über der planetaren Erstarrungskruste Herde entstehen, die die Thätigkeit des Zentralherdes genau nachahmen, sich aber von diesem dadurch unterscheiden, dass sie räumlich eng begrenzt sind und daher in einer relativ kurzen Frist der Erschöpfung entgegengehen können. Dass einige dieser Herde bis auf die Gegenwart mit dem tiefern Erdinnern in Verbindung geblieben sind und dadurch in ihrer Thätigkeit bis zu einem gewissen Grade beeinflusst werden können, ist nicht ganz ausgeschlossen. Die Gesteinsmassen, welche die Panzerdecke zusammensetzen und sich in allen Stadien der Erstarrung befinden, müssen notwendig eine unermessliche Zahl solcher Herde bergen, verschieden in Grösse und Lage, durch alle Höhenlagen der Panzerdecke verteilt, hier dicht, dort weniger dicht benachbart.«

Stübel bezeichnet diese lokalisierten Ansammlungen glutflüssiger Gesteinsmassen als peripherische Herde.

Alle vulkanischen Schöpfungen, die heute unserer Untersuchung zugänglich sind, dürfen wahrscheinlich ohne Ausnahme der Thätigkeit dieser peripherischen Herde zugeschrieben werden. Eine besondere Eigentümlichkeit der letztern ist, dass ihre Eruptionsprodukte zu Bergen aufgehäuft werden, auch ist das erste Erwachen eines peripherischen Herdes anscheinend stets mit einem Maximum von Kraftäusserungen verbunden, so dass der Berg, der aufgetürmt wird, bei dieser ersten Thätigkeit in seinem Baue fast vollendet ist. Das ist der Ursprung der von Stübel so genannten monogenen Vulkanberge. Die Mehrzahl der peripherischen Herde hat sich durch einen einzigen Ausbruch auf immer erschöpft, eine grosse Zahl anderer Herde lässt aber eine mehrmalige Thätigkeit erkennen. Stübel unterscheidet in dieser Klasse folgende Fälle:

1. Herde, die eine zwei-, drei- oder selbst viermalige Thätigkeit gehabt haben, bevor sie auf immer erloschen sind. Jedes Erwachen des Herdes ist in diesen Fällen von dem folgenden durch eine überaus lange Pause gänzlicher Ruhe unterbrochen gewesen, und jede Thätigkeitsperiode hat sich durch eine Neubildung charakterisiert. Wir sehen dann eine Neben- oder Übereinanderstellung vulkanischer Baue, eine ganze Gruppe von Bergen, vor uns, von denen keiner, den Ausbruch seiner eigenen Entstehung abgerechnet, nochmals in Thätigkeit getreten ist.

2. Herde, die zwar nur eine zweimalige Thätigkeit in dem Sinne der Neubildung gehabt haben, ihre Thätigkeit damit aber noch nicht einzustellen brauchten, weil es dem zweiten Ausbruche, der gleichfalls erst nach einer Pause von ungeheuer langer Dauer eintrat, vorbehalten war, einen leicht gangbaren Kommunikationsschacht herzustellen und dadurch den vulkanischen Kräften die Freiheit zu sichern, von nun an in kleinen Pausen und auf Jahrtausende hin für ihr Fortwirken in der Tiefe bis zur Oberfläche Zeugnis abzulegen.

Also lediglich auf dem Umstande, dass durch den zweiten Ausbruch ein Kommunikationsschacht hergestellt wird, der es zulässt, dass sich durch ihn selbst schon sehr geringfügige Vorgänge im Herde nach der Oberfläche signalisieren, beruht die Entstehung einer Thätigkeit, welche die polygenen Vulkanberge aufbaut.

Dieser leicht gangbare Kommunikationsschacht könnte zwar ebenso gut schon bei der erstmaligen oder auch bei einer spätern, bei der dritten oder vierten Reaktion eines peripherischen Herdes hergestellt werden; dass dies aber gerade bei der zweiten geschieht, scheint die durchgreifende Eigentümlichkeit einer besondern Klasse peripherischer Herde zu sein, und in diese Klasse dürften fast ausnahmslos diejenigen gehören, die die ganze Reihe der sogenannten thätigen Vulkane, wie Vesuv, Åtna, Stromboli, Sangai, Cotopaxi, Tunguragua, Vulkan von Pasto u. s. w. hervorgebracht haben und bis auf den heutigen Tag zu speisen fortfahren.

In dem vulkanischen Doppelberge charakterisiert sich nach Stübel der peripherische Herd am schärfsten, und schliesslich betont dieser Forscher, die Frage nach dem Sitze der vulkanischen Thätigkeit in der Gegenwart, die den Ausgangspunkt zu dieser Betrachtung bildete, könne eine klarere Beantwortung nicht wohl finden, als ihr durch die eigenartigste und verbreitetste Ausgestaltung der vulkanischen Baue, durch die Doppelberge des Somma-Vesuv-Typus zu teil wird: »der Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart kann allem Anscheine nach nur in einer relativ geringen Tiefe vermutet werden, die aber in dem einen Falle eine beträchtlichere, in dem andern eine weniger beträchtliche sein wird.“

Über Vulkane und deren Eruptionen stellt Dlabač Erörterungen an[1]) im Anschlusse an seine Ausführungen über die Ursachen des seismischen Kraft, deren oben gedacht wurde. Seine Anschauungen stimmen zwar mit denjenigen Stübels nicht überein, doch müssen sie schon der Vollständigkeit halber hier Erwähnung finden. Er sagt u. a.: »Vulkane sind lokale Erscheinungen und müssen auch lokalen Ursachen ihren Ursprung verdanken. Der Ursprung der Vulkane muss in bedeutenden Spalten der Erdrinde in der Nähe der Vulkane, durch welche bedeutende Wasserquantitäten in die Magmaschicht eindringen können,

---

[1]) Studien über Probleme der Erdgeschichte. Jungbunzlau 1901.

liegen; es sind insbesondere Küsten der Ozeane, längs welcher dieselben situiert sind. Das Wasser in der Tiefe kann, wie wir kennen gelernt haben, überhitzen und explodieren; tritt eine solche Wasserexplosion ein, so wird die Magmamasse verschoben und gelangt wahrscheinlich längs einer Aufwölbung auf einem öfter befahrenen Wege unter den Vulkan. Die Verbindung des Vulkanes mit seinem Herde ist zeitlich auf die Dauer der Eruption beschränkt; in der Zwischenzeit der Ruhe besteht keinerlei Verbindung. Durch die verschobene Magmamasse wird die Erdrinde mit dem Vulkanberge lokal emporgehoben, und es entsteht plötzlich eine lokale Aufblähung der breitern Basis des Vulkanberges mit Bildung von Berstungen. Beim Vesuvausbruche am 9. Dezember 1861 war z. B. die aufgewölbte Basis, nach der Länge der Spalte zu schliessen, vom Kraterkegel vom Jahre 1861 über Torre del Greco hinaus ca. 5 *km* lang, am Meeresstrande bei Torre del Greco über 6 *km* breit und am Meeresstrande in Torre del Greco 1.2 *m* hoch. Anderseits muss die Erdrinde über dem Vulkanherde unmittelbar nach der Verschiebung der Magmamasse plötzlich lokal einsinken. Der Herd des Vulkanes ist vom Vulkane getrennt. Die Verbindung erfolgt temporär mittels Verschiebung der Magmamasse vom Herde zum Vulkane und hört nach der Verschiebung gleich wieder auf. Die Lage des Vulkanherdes, das ist jene Stelle, wo das erhitzte Wasser aus den Spalten der Erdrinde in das Magma in bedeutender Menge eindringt, von wo aus die Verschiebung stattfindet, und wo nachher das Senkungsgebiet entsteht, ist in den einzelnen Fällen unbekannt, in den meisten Fällen liegt derselbe vom Vulkane entfernt am Meeresgrunde, und es ist die Aufgabe der Forschung, in den einzelnen Fällen die Lage des Vulkanherdes auszuforschen, was umso leichter sein wird, als nur ein Landstreifen am Fusse des Vulkanberges heftig erschüttert wird, welcher auch den Weg anzeigt, den die verschobenen Massen in der Tiefe genommen haben. Die Richtung dieses Erdbebens muss natürlich zu dem neuen Vulkankrater zielen. Die Lage des Vulkanherdes im Verhältnisse zur Lage des Vulkanes kann verschieden sein; in den meisten Fällen wird zwar der Herd unter dem Vulkane sich nicht befinden, da der Vulkan nach einer jeden Eruption gleich um so viel einsinken müsste, als der kubische Inhalt der Auswurfsprodukte ausmacht. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass in den einzelnen seltenen Fällen der Herd entweder dauernd oder vorübergehend unmittelbar unter dem Vulkane sich befindet.

Solche vorübergehende Verlegung des Vulkanherdes unter den Vulkan selbst hat eine Einsenkung des Kegels mit Bildung der Somma und der Caldera nach einer solchen Eruption zur Folge. So wurde am 10. Januar 1731 auf den Kanarischen Inseln ein hoher Berg aufgeworfen, der noch an demselben Tage mit unglaublichem Gepolter in seinen eigenen Krater zusammenstürzte. — Im Jahre 1772 hatte Papandayang, früher einer der höchsten Vulkane

der Insel Java, einen Ausbruch; ehe sich noch die Bewohner seiner Abhänge retten konnten, sank der Boden ein, ein grosser Teil des Vulkanes stürzte ein und verschwand; die Höhe des Kegels war von 9000 auf ungefähr 5000 Fuss vermindert. — Eine vorübergehende Verlegung des Herdes musste einst auch beim Vesuv eintreten, wobei der Gipfel eingesunken, und eine Somma mit der Caldera Atrio del Cavallo entstanden ist. Solche Kraterkegeleinsenkungen sind gewöhnlich von ungeheuerem Gepolter und den gewaltigsten vulkanischen Erscheinungen begleitet, wie insbesondere in der neuern Zeit auch bei Versenkung eines Teiles der Insel und des halben Vulkanberges Krakatau, im Jahre 1883, beobachtet wurde.

Dieser Vorgang lässt sich nur durch eine vorübergehende Verlegung des Vulkanherdes unmittelbar unter den Vulkan erklären. Bei der stürmischen Eruption werden gewaltige Mengen (beim Ausbruche des Krakatau angeblich 13 *ckm* an einem Tage) von Asche u. s. w, ausgeworfen; hierdurch entsteht unmittelbar unter dem Vulkane ein bedeutender Hohlraum, und nachdem der Herd sich entleert hat, muss die Erdrinde auf dieser Stelle einstürzen. So entsteht eine kesselartige Einsenkung, welche nach dem klassischen Vorbilde von den Kanarischen Inseln Caldera genannt wird, wogegen die einen Ringwall bildenden vertikalen Wände der Einsenkung nach dem Vorbilde des Vesuv mit dem Namen Somma benannt wurden.

Der Typus eines Vulkanes mit einer dauernden Lage des Herdes unmittelbar unter dem Vulkane wäre, wenn wir nach einer Abbildung und kurzen Beschreibung schliessen können, der Barren-Island im Bengalischen Meerbusen, welcher von einer Somma umgeben ist, in deren Caldera das Meer eintritt. Zum Unterschiede von den übrigen Vulkanen zeichnen sich diese Vulkane dadurch aus, dass sie sich in einer ununterbrochenen Thätigkeit befinden, und es muss angenommen werden, dass der Vulkan mit seinem Herde ununterbrochen zusammenhängt, bezw. kommuniziert; der Herd des Stromboli muss seitwärts in der unmittelbaren Nähe des Vulkanes am Meeresgrunde sich befinden und mit dem Vulkane ebenfalls ununterbrochen kommunizieren; hier am Meeresgrunde liegt auch das Senkungsgebiet des Vulkanes. Zu dieser Kategorie dürfte auch Kilauea, einer der grossartigen Vulkane auf Hawaii, gehören. Bei Stromboli besteht die Thätigkeit im Steigen und Fallen des Lavaspiegels in Perioden von 10—15 Minuten, den Aufwallungen der Island-Geisire ähnlich; bei der Aufwallung explodiert aus der Lava eine dichte Dampfmasse, welche glühende Lavafetzen in die Luft schleudert. Bereits geringe Änderungen des atmosphärischen Luftdruckes und des Barometerstandes beeinflussen die Thätigkeit des Vulkanes in der Weise, dass bei einem mindern Drucke die Explosionen häufiger und stärker sind.

Nur in einzelnen Fällen enthalten die Berichte über Vulkanausbrüche Andeutungen über die Lage eines entferntern Herdes,

dessen Ort durch eine mit der Vulkaneruption gleichzeitige Einsenkung der Erdoberfläche sich auszeichnet. So ereignete sich im April 1815 eine fürchterliche Eruption des Vulkanes Sumbava auf der gleichnamigen Insel. Die Stadt Temboro auf der Westseite vom Sumbava wurde hierbei vom Meere überflutet, welches an der Küste am Fusse des Vulkanes einbrach, so dass das Wasser 18 Fuss tief an Stellen stehen blieb, wo früher trockenes Land war. — Auch die seinerzeitige Senkung des Strandes in der Bai von Bajä mit dem Serapistempel. welche über 6 *m* betragen hat, dürfte mit einem unbekannten entferntern vulkanischen Ereignisse z. B. einem Vesuvausbruche zusammenhängen, wobei temporär der Herd auf diese Stelle verlegt war.

Wenn die verschobenen Magmamassen sich verirren, nicht zum Vulkane, sondern in einer andern Richtung verschoben werden, so kann entweder ein neuer Vulkan entstehen, oder kann nur eine Emporhebung des Bodens zurückbleiben.

Durch die verschobenen Massen wird die Erdrinde lokal plötzlich emporgehoben, wogegen über dem Vulkanherde die Erdrinde plötzlich gleichzeitig einsinken muss. Infolge der Ausdehnung der Schichten durch die Aufblähung entstehen Berstungen der Erdrinde, welche vor einer jeden Vulkaneruption beobachtet werden, durch welche gleich die Magmamasse emporsteigen kann; ohne Aufblähung und Berstung der Erdrinde könnte das Magma überhaupt nicht nach oben gelangen.«

7. Inseln.

Die Färöer schildert[1]) G. Schoener auf Grund eines in dänischer Sprache im Jahre 1900 erschienenen Werkes von Jörgen Falk Rönne. Sie bestehen aus 18 kleinen Inseln und einigen Klippen, umfassen ein Areal von 24 Quadratmeilen und haben eine Bevölkerung von 14 000 Seelen. Durch den Skaapenfjord in eine nordfjordische und südfjordische Gruppe geschieden, umfasst erstere die 13 Inseln: Strömö, Hauptinsel mit der Landeshauptstadt Thorshavn (1500 Einwohner), wo sich der Sitz der Verwaltung, die oberste Kirchenbehörde, die Realschule, der Arzt und die Apotheke für alle Inseln befindet, Hestö, Kolter, Naalsö, Vaagö, Mögenäs, Osterö und die sechs Norderöere Kalsö, Kunö, Borö mit dem Handelsplatze Klakvig, Viderö, Svinö und Fuglö. — Die südliche Gruppe besteht aus Syderö mit dem grössten färöischen Handelsplatze Tveraa mit gutem Hafen, Stapel für Schiffsreparaturen und Kohlengruben (nicht mehr im Betriebe), hervorragender Ausfuhrplatz für den Klippfisch; ferner Lille Dimon, Sandö, Skuö und Store Dimon. Im südlichen Teile befinden sich je zwei Kirchspiele und Kreisbehörden, im nördlichen je fünf dieser beiden Stellen. Durch ihre völlige Ab-

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1901. 23. p. 437.

geschiedenheit haben sich auf den Inseln uralte Sitten und Gebräuche bis auf unsere Tage erhalten, und die färöische Sprache ist ein Dialekt des Altnordischen, das sich am reinsten auf Island bewahrt hat, jedoch verstehen sich die Färinger und Isländer gegenseitig ohne besondere Schwierigkeiten.

Auf Naalsö findet sich eine Zeolithhöhle mit herrlichen Tropfsteinformationen in intensiv blauer Beleuchtung, aus der Glimmer, Quarz und Zeolith hervorleuchten. In derartigen Höhlen und Grotten hat der Seehund seine Brutplätze, hier liegt er mit seinen Jungen auf dem weissen Sande. Bemerkenswert ist die freistehende, turmartige Klippe Troldkrone-fingeren (Finger der Zauberin) auf Vaagö, die 325 *m* über das Meer ragt. Bei Skopen auf Sandö baut sich eine natürliche, mächtige Steinbrücke hoch über einem Abgrunde auf.

Das Innere entbehrt abwechselungsreicher Formen, da nur ein geringer Teil des Landes bebaut ist, und die bewohnten 17 Inseln nur 86 Siedelungen aufweisen. Der grössere Teil ist ursprüngliche, unberührte Natur. Eigentliches Flachland fehlt vollständig, und infolgedessen sind Strassen und Wagen hier etwas Unbekanntes. Der höchste Punkt ist das Skellingfjäld auf Strömö mit 725 *m*. Hin und wieder erscheinen kleine Bergseen, überall aber eine Menge schäumender Elven und Fosse, das einzige belebende Element, da Baumwuchs, ja selbst der kleinste Strauch dem Lande vollständig mangelt, und nur braunes Heidekraut und gelbgrünes Gras die Umgebung der Ansiedelungen bedecken.

Durch ihre Lage mitten in einem gewaltigen Meere, oben im Norden, sind die Inseln in hohem Masse den starken Nebeln und jähen Unwettern, die über die ausgedehnte Fläche rasen, ausgesetzt. Die Küsten werden von verschiedenen Meeresströmungen berührt, die auf die Temperatur eine starke Wirkung ausüben, wodurch die auf den Inseln herrschenden unstäten Witterungsverhältnisse verursacht werden. Fast nie ist die Witterung an zwei Orten die gleiche; oft kann der Schiffer bei prächtigstem Wetter heimsegeln, wird aber in der Mitte des Fjordes von einem entsetzlichen, von dem entgegengesetzten Lande kommenden Sturme überrascht, wodurch im allgemeinen die Bootfahrten zwischen den Färöern so gefährlich werden. Wärme, Kälte, Wind, Stille und Sturm wechseln hier schnell miteinander ab, so dass beständiges Wetter so gut wie unbekannt ist.

Die Flut erreicht in den Fjorden und Sunden des Ostens eine Höhe von 6—7 Fuss, im Westen von 9—10 Fuss, die Ebbe bewirkt einen um 2 Fuss verminderten Wasserstand.

Die Insel Jan Mayen schildert A. Lorenzen.[1]) Sie bildet die einzige überseeische Erhebung des von Island nach Nordosten in das Europäische Nordmeer hinausschiessenden untermeerischen Rückens,

[1]) Gaea 1901. p. 277.

welcher die norwegische Tiefe im Westen begrenzt, und erstreckt sich in der Richtung des Rückens von 70° 50′ nördl. Br. und 9° 1′ westl. L. von Greenwich bis 71° 10′ nördl. Br. und 7° 58′ westl. L. Der mittlere, schmälere Teil der Insel ist gleichzeitig der niedrigste und verbindet den nordöstlichen, fast ganz von dem massigen, 2545 *m* hohen Beerenberge (nicht Bärenberg, wie vielfach, z. B. auch in Ritters Lexikon, geschrieben wird) eingenommenen Hauptbestandteil der Insel mit dem südwestlichen kahlen Hochlande. Die ganze Länge der Insel beträgt ca. 98 *km*, und der Flächeninhalt wird zu 378 *qkm* angegeben.

Prof. A. G. Nathorst vergleicht in dem Berichte über seine Expedition (Ymer. 1900. Heft 2) die Gestalt der Insel treffend mit einer in nordwestlicher Richtung ausgezogenen 8, deren nordöstliche Schlinge breiter als die südwestliche ist. Auf ersterer dominiert der Vulkan Beerenberg, während auf dem südwestlichen Teile nur kleinere Krater vorkommen. Der Beerenberg ist ein mächtiger vulkanischer Kegel von 2545 *m* Höhe, dessen oberer Teil vollständig in Eis und Schnee gehüllt ist und mehrere recht bedeutende Gletscher aussendet, welche alle bis ans Meer reichen, wenn auch einzelne durch eine Endmoräne von demselben geschieden werden.

Die Besteigung des Beerenberges ist bisher noch nicht gelungen. 1882 versuchte Graf Palffy sie, musste aber nach einer mühsamen Gletscherwanderung in der Höhe von 1572 *m* umkehren. Der ganze Berg hat recht regelmässige Kegelform, der obere Teil zeigt jedoch eine nordöstlich-südwestlich verlaufende tiefe Spalte, durch welche man in den Trichter des Kraters blicken kann, der von steilen Felswänden umschlossen wird. Der untere Teil des Berges besteht aus Lava, darüber lagert ein vulkanischer Aschenkegel. Der Hauptkrater scheint erloschen zu sein, da man keinen Ausbruch desselben kennt; aber 1732 beobachtete der Schiffer J. Laab einen von Aschenregen begleiteten Ausbruch vom Fusse des Berges; Scoresby beobachtete 1818 eine Rauchsäule, welche von einem kleinern Krater an der Basis emporstieg, und während der Überwinterung der österreichischen Expedition fanden an der Ågö (Eierinsel), einer Halbinsel im Süden des Beerenberges, mehrfach Ausbrüche von Wasserdämpfen und einige recht heftige Erdbeben statt, deren Fortpflanzungsrichtung (Südwest-Nordost) ungefähr mit der Ausbruchsrichtung des Hekla auf Island übereinstimmte.

Die Insel ist geologisch noch recht jugendlichen Alters, und wahrscheinlich ist ihr Umriss noch gegenwärtig Veränderungen unterworfen; denn während die alten Karten an einigen Stellen noch für die gegenwärtigen Verhältnisse korrekt sind, sind sie für andere Teile so abweichend, dass die Annahme nahe liegt, dass die Küstenlinie hier seit der Herstellung der Karten ihren Verlauf geändert hätte. Dies gilt namentlich für die mittlere Partie der Insel, welche durch eine Kette von Kratern und kleinen Bergen von 150—200 *m*

Höhe gebildet wird. Auf den ältern Karten lehnt sich an diese eine Lagune im NW, während die grössere im SO nicht vorhanden ist, hier vielmehr die Treibholzbucht so tief einschneidet, und das Meer die Eierinsel von dem eigentlichen Jan Mayen trennt. Höchst wahrscheinlich ist, dass wir hier Neubildungen vor uns haben.

In der Mary Muss-Bucht ankerte die norwegische Nordmeerexpedition, als sie Jan Mayen besuchte. Vor ihnen lag Fugleberget (der Vogelberg) mit seinen steilen, dunklen Abhängen, die Ruine eines Kraters, dessen westlicher Teil ins Meer gestürzt ist, so dass der Trichter jetzt dem Meere zugekehrt ist. Er besteht aus Schichten von Tuff, Lava und ausgeworfenen Schlacken und Aschen. An der südlichen Seite der Mary Muss-Bucht erhebt sich in der Nähe der See ein kleiner, kegelförmiger Krater (Krater Blytt) und innerhalb derselben, der Mitte der Insel näher, ein etwas grösserer von gleicher Gestalt (Krater Danielssen), der aus roten, abgerundeten Auswürflingen und schwarzer Asche besteht. Der Höhenrücken der Insel ist hier am schmalsten und am niedrigsten. Er besteht aus Lava, fest und hellgrau, deren Oberfläche gleichmässig von Blasen durchsetzt ist. Dieselbe ist nur sehr schwach magnetisch, während eine dichtere und dunklere Lava, welche an mehrern Stellen vorkam, deutlich polarmagnetisch ist. Die niedrigste Partie des Höhenrückens war 66 *m* hoch. Der Höhenrücken stürzte nach Südosten jäh ab. Hier lag ein ausgedehntes, niedriges Vorland ihm vorgelagert, welches die innere Begrenzung der langen, östlichen Lagune bildete und sich bis hinter Ägöen hinzog.

Die Ufer der Eierinsel sind überall sehr steil. Die südwestliche Seite bietet ein ausgezeichnetes Profil der Aschen- oder Tuffschichten, aus denen die Insel oder jetzt richtiger Halbinsel besteht. Schwache Windstösse reissen Teile der Asche los, welche entweder von heftigern Windstössen in hohen Rauchwolken aufgewirbelt werden oder auch zur Ebbezeit auf den trockenen Vorstrand, zur Flutzeit ins Meer stürzen. Wie Fugleberget ist auch Ägöen ein zerstörter Krater, aber hier ist noch ein Rest der Kraterwand stehen geblieben, Ägö-Kalven (das Kalb der Eierinsel), und dieser besteht wie Ägöen aus schwarzem Tuffe, der grössere uud kleinere Steine einschliesst. Im Kalbe sieht man Steine, deren Durchmesser bis zu einem Meter betragen.

Die schmale Mittelpartie der Insel geht allmählich in das etwas höhere und breitere Südland über, welches aus zahlreichen Kratern und Bergen besteht, und dessen steilen Küsten überall kleine Schären bizarrster Formen vorgelagert sind.

Jan Mayen liegt innerhalb des Bereiches der arktischen Strömung und ist während eines grossen Teiles des Jahres von Eis umschlossen, das jedoch gewöhnlich in der Nähe der Insel eine Einbiegung besitzt, welche mit Vorliebe von den Seehundsfängern aufgesucht wird, aber diese Einbiegung des Randes reicht oft gar nicht bis an die Insel,

so dass diese selbst unzugänglich bleibt. Die beste Zeit für Landungen dauert von Ende Juli bis in den August; eine faktische Ausnahme war es, dass 1883 die Insel bereits am 13. Juni frei war.

Die Temperatur ist nur niedrig. Nach den österreichischen Beobachtungen betrug die mittlere Jahrestemperatur — 2.3° C., das absolute Maximum (im August) + 9.0° C. und das Minimum (im Dezember) — 30.6° C. Infolge der insularen Lage sind die Temperaturschwankungen nicht besonders gross. Dem entsprechen auch die Witterungsverhältnisse. Der Himmel ist fast stets mit Wolken bedeckt, und gewöhnlich lagert dichter Nebel auf den Bergen und umhüllt den prächtigen Beerenberg.

Die Insel Tinian im Archipel der Mariannen ist vom Kaiserl. Bezirksamtmann Fritz in Saipan besucht und geschildert worden. Sie wird von dem im Norden benachbarten Saipan durch eine etwa 6 *km* breite Meerenge getrennt. Eine hohe Brandung steht rings um die felsige Küste, die im Westen 3—5 *m*, im Osten bis zu 50 *m* steil abstürzt. Die Insel, welche eine Grösse von beiläufig 11 600 *ha* hat, ist ein etwa 30—50 *m* über das Meer sich erhebendes Plateau, das nur im Süden zu grösserer Höhe — vielleicht zu 200 *m* — ansteigt. Sie ist mit tiefgründigem, rotem Thone und glasharten Korallenfelsen bedeckt; zu Tage tretendes Urgestein wurde nirgends gefunden. Fliessendes Wasser fehlt, dagegen giebt es drei Lagunen, deren grösste im Norden zur Regenzeit etwa 40 *ha* misst. Der Regenfall soll im allgemeinen reichlich sein, wie auf den übrigen Mariannen; einige Brunnen geben in geringer Tiefe gutes Trinkwasser. Trotz der erprobten Fruchtbarkeit des Bodens ist die Vegetation nicht besonders üppig. Ein Waldgürtel im Süden von 10—15 *m* Höhe geht allmählich in 4 *m* hohen Busch und dieser in die Savannen über, welche den weitaus grössten Teil der Insel bedeckt. Hier halten sich Rudel verwilderten Rindviehes, zahlreiche Schweine und Hühner auf. Die Rinder sind unzweifelhaft erst von den Spaniern, wahrscheinlich aus Mexiko, eingeführt worden. Im Jahre 1853 wurden die Aussätzigen von Saipan, ihrem seitherigen Asyle, nach Tinian gebracht; aber schon 1855 raffte eine auf den Mariannen ausgebrochene Blatternepidemie alle Leprosen bis auf zwei oder drei hinweg, welche nach Tanapay übersiedelten.

Die Karolineninsel Yap ist von Prof. G. Volkens 1900—1901 besucht worden, und gab derselbe eine eingehende Schilderung dieses Atolls.[1]) Sie ist, von ein paar andern kleinen Atollen abgesehen, die westlichste der Karolinen. Yap ist von Südwest nach Nordost gestreckt, mit einer Spitze weist es nach Süden und nimmt von da nach Norden an Breite immer mehr zu, so dass im allgemeinen die

[1]) Verhandlungen d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin 1901. p. 62.

Gestalt eines von links nach rechts gewendeten Kommas herauskommt. Die Längenausdehnung beträgt $2\,^1/_2$, die Breite in der Mitte $1\,^1/_2$ Meilen. Das Areal, welches die Insel einnimmt, beträgt vier Quadratmeilen. Von dem höchsten Berge, dem 300 *m* hohen Köbüll, übersieht man nicht nur das ganze feste Land, sondern noch ringsum weit darüber hinweg die Fläche des Meeres. Der Blick ist ungemein reizvoll. Von den tiefblauen Wogen des Ozeans hebt sich zunächst, in einer Entfernung von einer Viertel- bis zu einer ganzen Meile vom Strande, ein die ganze Insel umziehender, bei Sonnenlicht silberweiss glänzender Kranz, die Brandung, ab, die viele Meter hoch aufspritzenden, in Schaum zerschlagenen Wellen kennzeichnend, mit denen sich das Meer gegen ein Küstenriff bricht. Davor, dem Lande zu, spielen grünliche und gelbliche Lichter auf dem ruhigern Wasser als Widerschein des hellen Korallenbodens, der zur Ebbezeit oft kaum in Manneshöhe vom flüssigen Elemente überspült wird. Da und dort baut sich die Koralle höher auf, winzige Eilande bildend, die entweder dauernd oder nur bei tiefem Wasserstande sich über den Spiegel des Meeres erheben. Die letztern sind naturgemäss kahl, die erstern erscheinen mit Palmen und andern Bäumen bedeckt, zwischen denen die Wellblechdächer verschiedener Handelsniederlassungen hervorlugen. Sie werden der Hauptinsel gegenüber von Europäern als Wohnplätze bevorzugt, weil sie allseitig bequem mit Booten zu erreichen sind, und das Eigentum sich auf ihnen besser vor Diebstahl bewahren lässt.

Allenthalben, besonders gegen Norden, springen tiefe, vielfach kanalartig schmale Buchten weit ins Innere, sich teilend und gabelnd, von dichter Mangrovevegetation umsäumt. Ganz im Norden haben die von verschiedenen Seiten her eindringenden Fluten sich an zwei Stellen vereint und so dazu geführt, dass zwei grössere Landkomplexe, Map und Rumong genannt, als besondere Inseln durch schmale Meeresarme abgetrennt worden sind. — Die Küste fällt teils steil, oft senkrecht, 10—30 *m* zum Meere ab, bald hebt sie sich kaum aus dem Meere. Hinter einem schmalen Gürtel von 10—1000 *m* Breite steigt das Land mehr oder weniger plötzlich auf, entweder zu einer einzelnen Plateaustufe oder zu einem Hügelgelände, das in der aus drei Bergen bestehenden Burräkette ungefähr in der Mitte der Insel seine höchsten, 250—300 *m* hohen Erhebungen findet. Wo der Küstenreif bis weit hinein eben ist, zeigt sich meist keine Mangrove vorgelagert; ein flacher Sandstrand breitet sich hier aus, die Decke bildend für festgefügten Korallenkalk. Nie hebt sich dieser, wie es allenthalben auf den Palaus und vornehmlich auch auf den Marianen der Fall ist, zu bedeutendern Höhen. Grüngraues Schiefergestein ersetzt ihn hier, stellt den Grundstock Yaps dar, indem es wohl auf $^4/_5$ der gesamten Fläche ausschliesslich herrscht. Geologisch am interessantesten sind die abgetrennten kleinern Inseln Rumong und Map im Norden. Hier sieht man von den Höhen viel-

fach sich mächtige Lavaströme ins Meer stürzen, die an ihren jähen, wie abgeschnitten erscheinenden Abfällen eine ganze Musterkarte faust- bis kopfgrosser Gesteinseinschlüsse gewahren lassen.

Die Vegetation Yaps gliedert sich in die der Mangrove, des Strandes, des Kulturlandes und der Berge im Innern der Insel. Sie dürfte 500 distinkte Arten nicht übersteigen, wovon allein etwa 60 auf Farne, ebenso viele auf Gräser und 30—40 auf Cyperaceen kommen.

Die Tierwelt der Insel weist nur drei Säuger auf, einen fliegenden Hund, eine Ratte und eine Maus; die Vögel, von den auch nicht zahlreich vertretenen Seevögeln abgesehen, beschränken sich auf etwa ein Dutzend Arten, von denen ein schwarzer Star am häufigsten ist. Schlangen und Frösche fehlen ganz, dafür sind vier Arten von Eidechsen gemein. Mit das auffälligste Tier ist ein Leguan, von dem Verfasser Exemplare sah, die von der Schnauze bis zur Schwanzspitze $1^1/_4$ *m* massen. Der Leguan ist für die Eingeborenen ein heiliges Tier, aber nur während einiger Monate, in andern schlagen sie ihn ohne Bedenken tot. — Sehr spärlich ist im allgemeinen auch die Insektenwelt; Heuschrecken, Libellen, Schmetterlinge und Schaben weisen noch einen gewissen Artenreichtum auf, von Käfern hat Verfasser trotz eifriger Nachstellung nur etwa 20 verschiedene feststellen können. Die Meeresfauna ist um so reichlicher entwickelt. „Fährt man mit einem Boote über die Korallenbänke, die hier freilich nicht die Formenmannigfaltigkeit und Farbenpracht wie auf den Palaus besitzen, so sieht man das bis auf fünf und mehr Meter vollkommen durchsichtige Wasser von zahlreichen, häufig wunderbar bunten Fischen aller Klassen und jeder Grösse belebt, Seesterne und Seeigel haften auf dem Grunde, und träge ruhen in ihrer Gesellschaft bis meterlange Holothurien, von denen einzelne als Trepang gefischt und von den Händlern im getrockneten Zustande zu hohen Preisen nach China verschifft werden. Die Zahl der Seeschnecken und Muscheln ist Legion; alle die bei uns als Zierarten aus der Südsee verbreiteten Gestalten treffen wir an, darunter auch die Perlmuschel, allerdings nicht in der Grösse und Häufigkeit, wie in den Gewässern des Bismarck-Archipels.

Was das Klima angeht, so ist bezüglich seiner Wirkung auf den Menschen zu betonen, dass es als ein ausserordentlich gesundes bezeichnet werden kann.«

Die Weihnachtsinsel ist unlängst von Sir John Murray besucht worden. Derselbe ist der Erste, welcher sie von einem Ende zum andern durchquert hat. Diese einsame Insel im Indischen Ozeane ist 126 englische Meilen lang und 7 Meilen breit. Sie ist mit dichtem Walde bewachsen. Als Murray die Insel durchstreifte. waren daselbst 13 Weisse, darunter ein Arzt, ein Chemiker und ein Ingenieur mit ihren Familien, mit 720 Kulis an der Ausbeutung

der reichen Phosphatlager beschäftigt. Die Fauna und Flora der Insel ist von grösstem Interesse. Die ganze Insel ist mit merkwürdigen roten Krabben von 18 Zoll Breite bevölkert. Diese Tiere verstehen es ausgezeichnet, Bäume zu erklettern, und einmal im Jahre findet eine regelrechte Wanderung dieser Krustaceen statt. Die Tiere wandern in Scharen 15 Tage lang und kehren, nachdem sie ihre Eier gelegt haben, zurück. Es giebt nur fünf Säugetierarten auf der Insel, darunter zwei sonst unbekannte Rattenarten. Dieselben haben verschiedene Färbung, die auf dem Plateau lebenden sind braun, und die näher der Küste vorkommenden schwarz, und um ihre Vermehrung zu steuern, hat man eine Anzahl Terrier importiert. Es giebt ferner eine zahnlose Schlangenart und eine wurmähnliche, blinde Schlangenspezies. Um zu dem 300 *m* hoch gelegenen Plateau in der Mitte der Insel zu gelangen, musste Murray sich einen Weg durch dichten Wald hauen. Die Insel untersteht der Regierung der Straits Settlements und soll vor der Annektierung durch die Briten unbewohnt gewesen sein.

Lebende und jungfossile Korallenriffe im nördlichen und mittlern Teile des Küstengebietes von Deutsch-Ostafrika schildert auf Grund eigener Studien an Ort und Stelle Dr. Emil Werth.[1]) Junge (quartäre) Gebilde, vornehmlich aus einem lehmartigen, grobkörnigen, thonigen, weichen Sandsteine bestehend, bilden, als steile Rampe abfallend, dort entweder selbst das Meeresufer oder werden von einem schmalen Gürtel alluvialer Sande oder mariner Kalke eingefasst. Die so gebildete Küste des Festlandes und der Inseln wird von einem vielfach unterbrochenen Saume lebender Korallenriffe eingefasst. Von wechselnder Breite und Form schliesst er sich überall, wo er auftritt, unmittelbar der Küstenlinie an, selbst relativ kleine Ausbuchtungen und Vorsprünge derselben mitmachend. Er ist im allgemeinen dort auf längere Strecken unterbrochen, wo die grössern Flüsse in ausgedehnten Deltas Süsswasser und Schlammmassen dem Meere zuführen, wie wir beim Rufiji, Kingani und Wami namentlich wahrnehmen. Beim Pangani dagegen, wo eine Deltabildung durch die Nähe des unterseeischen Steilabfalles des Kontinentes ausgeschlossen ist, treten auch die lebenden Riffe unmittelbar an die Ufer der Flussmündung heran. Sehr schöne, in weiter Ausdehnung ununterbrochene Saumriffe zeigen die drei grössern, der äquatorial-ostafrikanischen Küste vorgelagerten Inseln, Pemba, Sansibar und Mafia, namentlich auf ihrer, dem submarinen Steilabfalle nahe gelegenen Ostseite. Desgleichen werden die zahlreichen kleinern Inseln, die dem Kontinentalsockel aufgesetzt die ostafrikanische Küste begleiten oder die genannten grössern Inseln

[1]) Zeitschrift der Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. **36.** No. 3. p. 115.

umschwärmen oder endlich mehr oder weniger selbständige Gruppen bilden, von Küstenriffen umsäumt.

Neben diesen Saumriffen trifft man dort eine zweite Art von lebenden Riffen an, die ohne Beziehungen zum Verlaufe der Küstenlinien in regelloser Anordnung die Flachsee erfüllen. Sie finden sich daher dort in grösster Menge und Mannigfaltigkeit, wo wie im Sansibar- und Mafiakanale die Hundertfadenlinie sich weit von der Küste entfernt, während sie bei geringerer Ausdehnung der Flachsee fast eine reihenweise gedrängte Anordnung zeigen. Diese Riffe, die Verf. nach Ortmann Flachseeriffe nennt, gehen vielerorts unmerklich in die Form der Saumriffe über; die Wassertiefen, die sie von der Küste und untereinander trennen, sind oft nur sehr gering und schliessen das Vorkommen lebender Korallen nicht aus.

Betritt man vom Lande aus das Korallenriff (natürlich nur während der Ebbezeit), so gelangt man zunächst auf eine sanft gegen die See hin geneigte Strandterrasse aus festem Gesteine, welches jedoch an den meisten Stellen von mächtigen Detritusmassen, einem Zerreibsel von Korallenstöcken und Molluskenschalen, (Korallensand) überdeckt ist. Ausgedehnte Wiesen von Seegräsern überziehen und befestigen diese Sedimente. Vom Korallensande nicht bedeckte Felsflächen werden gern von einer Fleischkoralle *(Zoanthus)* eingenommen, deren Kolonien während der Ebbezeit, wenn die Polypen ihre Tentakelkränze eingezogen haben, als eine unscheinbar graue schlüpfrige Masse erscheinen, unter Wasser gesetzt aber mit den entfalteten Tierchen einem smaragdgrünen Moosteppiche gleichen, neben dem sich zierliche zinnoberrote Schwämme auffallend abheben.

»Weiter ausserhalb verliert die Oberfläche der Terrasse an Regelmässigkeit der ebenflächigen Ausbildung; Vertiefungen kleinern und grösseren Umfanges und von $^1/_2$—2 *m* Tiefe treten auf. In diesen sogenannten Brunnen findet man dann auch in der Regel die ersten riffbildenden Korallen, kleinere Arten der Gattung *Madrepora*. Orgelkorallen *(Tubipora)* und wenige andere. Unzählige Arten von Aktinien in den herrlichsten Farben und Formen, Krustaceen, Echinodermen und buntscheckige Fische beleben diese Tümpel. Daneben treten auch auf der Terrasse zwischen Seegräsern und Tangen zerstreute Steinkorallen auf: Stylophoren, Madreporen, Mäandrinen, *Astraeopora* u. s. w. Doch die grossartigste Fülle und Mannigfaltigkeit der Formen der riffbildenden Korallen treffen wir erst in der Nähe der äussern Kante, wo das Riff schräg zur Tiefe abfällt, und wo durch das intensive Wachstum der Polypenkolonien und die von der Brandung losgebrochenen und angehäuften Trümmer sich ein etwas (bis $^1/_2$ *m*) erhöhter Wall gebildet hat. Hier gedeihen namentlich die Madreporen in grosser Zahl an Arten und Individuen und in üppiger Entfaltung. Hier steht Stock an Stock, und wo nur ein solcher ganz oder teilweise abgestorben ist, hat bereits eine

andere Koralle ihn als feste Unterlage zur Bildung eines neuen Stockes in Besitz genommen. Hier, wo die kräftige Aussenbrandung den Polypentierchen unaufhaltsam neue Nahrung an pelagischen Mikroorganismen zuführt, befinden sich die stockbildenden Korallen in ihrem eigentlichen Elemente. In der Tiefsee würde ihnen der mechanische Schutz durch Vereinigung zahlreicher Individuen und Ausscheidung eines Kalkgerüstes wenig Nutzen bringen. In der bewegten Flachsee dagegen sind diese Einrichtungen von hervorragender Bedeutung. Namentlich die schirmförmig ausgebildeten Madreporaarten zeigen in ihrer Gestalt deutlich eine Anpassung an die Verhältnisse in der Brandungszone; sie sind daher auch besonders charakteristisch für dieses Gebiet, während die mehr strauchig-ästigen Stylophoren auf der Innenseite des Randwalles vorherrschen.

Neben den Steinkorallen kommt verschiedenen Formen von Kalkalgen eine nicht unerhebliche Rolle auf dem Riffe zu.

Wendet man sich vom lebenden Riffe wieder dem Lande zu, so trifft man an verschiedenen Punkten Klippen aus Kalkgestein, welche in steilem, von der Brandungswelle unterwaschenem Absturze sich 5—12 *m* über die Hochwasserlinie erheben. Dr. Werth hält sie für gehobene alte Riffe. Die in unmittelbarer Nähe der Küste anstehenden schliessen sämtlich eine noch lebende Fauna ein, ihre Bildung muss daher in die jüngste geologische Vergangenheit fallen, während die in Seehöhe von über 25 *m* auftretenden Kalke möglicherweise nicht mehr vorkommende Tierformen enthalten. Was den Untergrund der Riffe anbelangt, so trägt der sandige Grund, der dort durch Seegrasvegetation eine Spur von Festigung zeigt, verschiedene Formen von Riffkorallen, die ihm ganz lose aufliegen und ohne die geringste Schwierigkeit abgehoben werden können. »In allen solchen Fällen mag eine Muschel- oder Schneckenschale, ein abgestorbenes Korallenbruchstück, ein Steinchen oder dergleichen den ersten Ansatz ermöglicht haben, so dass schliesslich der erwachsene Korallenstock scheinbar im Sande liegt. Die lebenden, wachsenden Riffe unseres Gebietes finden sich zumeist auf dem Sockel eines abgestorbenen Riffes. Man sollte meinen, dass dieser in allen Fällen eine feste Unterlage für die Ansiedelung von Korallenstöcken darböte. Dem ist jedoch nicht so. Die äquatorial-ostafrikanische Küste befindet sich gegenwärtig in einer Periode positiver Strandverschiebung. Das lebende Riff wächst daher auf der von der Brandungswelle geschaffenen Strandterrasse nach oben allmählich nach. Im gleichen Masse, wie die Strandlinie weiter landeinwärts verlegt wird, wird aber auch die sich seewärts anschliessende felsige Terrassenfläche von Trümmermaterial bedeckt, welches zum Teil von dem lebenden Riffe selbst stammt. So sind die Polypenstöcke genötigt, landeinwärts vordringend, sich zunächst auf lockern Sedimenten, die selbst einer festen Felsfläche aufliegen, anzusiedeln. Auch die

Betrachtung der fossilen Riffe zeigt an den Stellen, wo ein solches bis auf den Grund angeschnitten ist, wie dies vielfach in dem Steilabbruche der Meeresküste der Fall ist, dass dieselben zumeist in gleicher Weise auf dem Sockel eines ältern Riffes abgelagert wurden.

Was die Bildung des festen Riffgesteines aus den Korallengarten des lebenden Riffes anbelangt, so äussert sich Dr. Werth darüber in folgender Weise: »Durch die Wucht der Brandungswelle werden unaufhaltsam Zweige und Äste lebender und abgestorbener Stöcke abgebrochen und auf das Riff geworfen, wo sie sich zugleich mit den Kalkschalen von Schnecken, Muscheln, Echinodermen und Krebsen ansammeln. Alle diese Teile bleiben entweder gleich im Geäste anderer Stöcke hängen und werden durch überwuchernde Kalkalgen mit ihnen verkittet, oder sie werden bei fortschreitender Flut abermals von den Wogen des Meeres erfasst und weiter zertrümmert. Auch hungerige Krebse, Holothurien, Würmer und Muscheln nehmen ohne Zweifel an der Zerkleinerung der Getrümmer teil. Auf diese Weise entsteht der sogenannte Korallensand. Derselbe stellt demgemäss ein sandartiges, buntes Gemenge von Fragmenten von Korallenzweigen, von Muschel- und Schneckenschalen u. s. w. dar; die Korngrösse schwankt zwischen der einer Bohne, so dass kleinere Schneckengehäuse oft fast ganz erhalten sind, bis zu fast staubfeinen Partikelchen. Dieser Korallensand, an sich schon geeignet, in alle vorhandenen Lücken zwischen den Korallenstöcken einzudringen und dieselben auszufüllen, erfährt jedoch zum grossen Teile noch eine weitere Verarbeitung und Aufbereitung durch die Brandungswelle, nachdem er von dieser auf die ebenflächige Felsplatte in die Nähe der Flutniveaulinie, auf die Brandungsterrasse transportiert worden ist. Hier werden durch die Thätigkeit des aufrollenden und wieder abfliessenden Wassers die gröbern Bestandteile des Sandes von den feinern geschieden. Erstere bleiben in der Nähe der Flutgrenze liegen und bewirken unter günstigen Verhältnissen einen nicht unerheblichen Landzuwachs, letztere jedoch werden als feinster Sand oder im Wasser einen gleichmässigen Schlamm bildendes Pulver wieder meerwärts dem Riffe zugeführt, wo sie leicht in alle Lücken und Hohlräume eindringen oder flache ausgedehntere Vertiefungen als gleichmässige Ablagerung auffüllen. Daneben sind auch in bescheidenem Masse schon die lebenden Riffbewohner bestrebt, vorhandene Lücken auszufüllen. Noch lebende Korallenstücke werden an der abgestorbenen Basis von andern kompakten und flächenartig wachsenden Formen überwachsen. Kalkalgen siedeln sich zwischen den Korallenstöcken in grossen Massen an und entfalten ihre zierlich gegliederten Vegetationskörper selbst im Gezweige des lebenden Polypars. Welche wichtige Rolle Kalkalgen bei der Bildung des festen Riffgesteines spielen, davon konnte Verfasser sich bei dem Orte Mujuni, an der Ostküste der Insel Sansibar, überzeugen. Dort

führte sein Weg ungefähr einen Kilometer weit über ein Gestein, das fast ausschliesslich aus den verkitteten Tallusgliedern dieser Alge besteht, die dort in solcher Menge auftritt, wie wir es sonst nur bei gesteinsbildenden Foraminiferen gewohnt sind.« Ein äusserst wichtiger Faktor bei der Bildung des Riffgesteines ist nach Dr. Werth die Kalk auflösende Wirkung des warmen Seewassers. »Unterstützt durch die durch Verwesung organischer Stoffe frei werdende Kohlensäure vermag das Wasser leicht, die abgestorbenen und nicht mehr durch eine lebende Sarkodeschicht geschützten Korallenstöcke, namentlich die porösen, maschig gebauten Formen der Madreporen ganz oder teilweise zu lösen. Besonders leicht fällt natürlich der feine Korallensand und -schlamm der Auflösung anheim. Saville-Kent weist in seinem grossartig angelegten Werke über das australische Barrierriff[1]) besonders auf diesen noch wenig gewürdigten Punkt hin. Bei Ebbe bleiben in den Vertiefungen des Riffes grössere und kleinere Tümpel zurück, in denen das Wasser bei der starken Sonnenbestrahlung nicht unerheblich verdunsten muss. Hierdurch wird der gelöste Kalk wieder ausgeschieden und bildet als ein lockeres, kreidiges Gestein einen wesentlichen Bestandteil des Riffes. Auf diese Weise erklärt sich die relativ grosse Armut an erhaltenen Korallen und das Auftreten der Schnecken und Muscheln fast allein als Steinkerne schon in den jüngsten der »gehobenen« Riffe, wie überhaupt die ganze Struktur und Beschaffenheit dieser Riffe. Die in ihnen erhaltenen Korallen gehören in überwiegender Menge den massigen Formen an, wogegen die reichverzweigten Madreporen und Stylophoren fast nur noch als Bruchstücke vorhanden sind, deren geringe Menge zudem in keinem Verhältnisse steht zu dem Überwiegen gerade dieser Formen auf dem lebenden Riffe und nur erklärt werden kann durch eine umfangreiche Zertrümmerung und Auflösung dieser zerbrechlichen und infolge ihrer porösen Struktur leicht löslichen Formen.

Gänzlich verschieden von dem eigentlichen Riffsteine ist der Korallensandstein. Bei ihm sind die zu einem mehr oder weniger feinen Sande zertrümmerten Korallen und Muschelschalen nur durch ein kalkiges Cement verkittet. Er stellt so ein gelblichgraues, bald sehr lockeres, bald dichteres Gestein dar, welches stets deutliche Schichtung zeigt. Dr. Werth möchte seine Entstehung hauptsächlich in die Linie des Hochwasserstandes verlegen, wo der Korallensand in grossen Massen abgelagert und oft, der Flutwelle entzogen, zu niedrigen Dünen angehäuft wird. Da, wo Verfasser diesen Korallensandstein beim jüngern fossilen Riffe antraf, hat er nur geringe Ausdehnung und ist von dem unterlagernden Riffsteine petrographisch scharf unterschieden. Was die in Riffkalk nicht selten vorkommenden Höhlen anbelangt so entsprechen sie nach Prof. J. Walthers Meinung

[1]) W. Saville-Kent The Great Barrier Reef of Australien. London 1893.

ursprünglichen Lücken im lebenden Riffe; dagegen kommt Dr. Werth auf Grund seiner Beobachtungen im ostafrikanischen Küstengebiete zu der Überzeugung, dass die dort auftretenden Höhlen erst nachträglich durch Auflösung und mechanische Erosion entstanden sind.

Gegenwärtig macht sich an der dortigen Küste eine positive Strandverschiebung geltend, der Verfasser macht jedoch wahrscheinlich, dass ein viermaliger Wechsel der Bewegungsrichtung der Strandlinien seit Bestehung der Korallenriffe stattgefunden haben muss.

8. Das Meer.

Sekundäre Schwankungen des Meerniveaus. In vielen Häfen zeigen die Flutwasser rasche Schwankungen des Seespiegels, deren Ursache noch unergründet ist. Besonders an der Küste Canadas, zwischen der Fundy-Bay und dem St. Lorenz-Golfe treten dieselben deutlich hervor. A. W. Duff hat nun die dortigen Aufzeichnungen von 20 Flutmessern während 7 Jahren genauer untersucht[1]) und ist zu folgenden Ergebnissen gelangt:

1. Die sekundären Schwankungen des Seeniveaus traten an den meisten Punkten, von welchen Aufzeichnungen vorliegen, auf. Sie sind teils regelmässig und periodisch, teils aber unregelmässig. Die erstern besitzen für jeden Ort eine bestimmte Dauer, die zwischen 1 und 60 Minuten schwankt. An manchen Punkten existieren zwei Systeme periodischer Schwankungen von ungleicher Dauer. Dieselben treten meist zu verschiedenen Zeiten auf, zuweilen fallen sie zusammen; an einer Station ist die Periode bei Flut gänzlich verschieden von der bei Ebbe.

2. Gewöhnlich treten die Schwankungen gleichzeitig auf an den Stationen des Atlantischen Ozeans (mit Einschluss der Fundy-Bay); aber es existiert offenbar kein Zusammenhang zwischen ihrem Auftreten an den Stationen des Atlantic und den Stationen am St. Lorenz-Golfe.

3. Die Barometeraufzeichnungen zeigen keine ähnlichen periodischen Schwankungen, aber sie zeigen Störungen bei oder nahe zu den Zeiten ausgesprochener sekundärer Schwankungen.

4. Wenn man sich dem Ende der Bucht nähert, werden die sekundären Schwankungen geringer. In St. John ist die Periode um so geringer, je grösser die Tiefe, bis zu welcher die Flut die Fundy-Bay füllt.

5. Die Theorie der atmosphärischen Wogen kann nicht die charakteristischen lokalen Perioden der Sekundärschwankungen erklären. Als Erklärung für ihre Entstehung scheint die Theorie der atmosphärischen Wellen im Widerspruche mit einigen Thatsachen.

6. Die »Seiche«-Theorie steht nicht im Widerspruche mit irgend einer festgestellten Thatsache und wird durch manche gekräftigt.

[1]) American Journal of Science 1901. 12. p. 123.

Aber wenn diese Theorie richtig ist, bleibt zu erklären, warum die Schwankungen an manchen Orten gewöhnlich binodal, an andern trinodal sind u.s.w., und warum in einem auffallenden Falle (Yarmouth) die Schwankungen stets uninodal bei der Flut und binodal während der Ebbe sind.

Transparenz und Farbe des Meerwassers. Während der Expedition der »Pola« hat J. Luksch eine grosse Anzahl (über 1100) Beobachtungen über Durchsichtigkeit und Farbe des Wassers im Mittelmeere, im Ägeïschen und Roten Meere angestellt, die er nunmehr veröffentlicht.[1]) Zur Farbebestimmung diente die Forelsche Skala, bei der 0 reines Blau und 1, 2, 3 u. s. w. prozentuelle Beimischungen von Gelb bedeuten. Die Farbentöne 0 und 1 repräsentieren das blaue Wasser der Hochsee, die Farbentöne 2—5 das Küstenwasser. Die erstern nehmen im östlichen Mittelmeere weitaus den grössten Flächenraum ein, während sie im Ägeïschen Meere auf ein verhältnismässig kleines Gebiet im Norden von Kreta beschränkt erscheinen. Im Roten Meere kommt die Farbe 0 überhaupt nicht vor, und selbst die Farbe 1 ist auf einen schmalen Streifen beschränkt, der sich beiläufig in der Mitte der Längenentwickelung in der Axe des Meerbusens befindet. Höhere Farbtöne als 5 wurden im offenen Meere nur ausnahmsweise beobachtet, so östlich von der Nilmündung 6—9 und im südlichen Teile des Roten Meeres 6—14. In Häfen, sowie in unmittelbarer Nähe der Korallriffe kamen allerdings noch höhere Töne vor, die sich aber nach der angewendeten Skala nicht mehr mit Sicherheit fixieren liessen.

Die Ursache der verschiedenen Färbung führt Luksch auf die Beimengung feiner suspendierter fester Teilchen, d. h. auf eine Trübung des Wassers zurück. Reines Wasser ist rein blau, während es umso ausgesprochener grün wird, je mehr die Menge der festen, suspendierten Bestandteile wächst.

Die Durchsichtigkeit des Meerwassers wurde meist mittels der »Scheibenmethode« untersucht. Dieselbe besteht bekanntlich darin. dass eine weisse Scheibe (im vorliegenden Falle von 50 *cm* Durchmesser) ins Wasser versenkt und die Tiefe bestimmt wird, in welcher sie dem Auge des Beobachters entschwindet (Sichttiefe). Diese Methode gestattet, die Anzahl der Beobachtungen ausserordentlich zu erhöhen, während bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen ihre Genauigkeit vollkommen ausreicht, um sichere vergleichende Schlüsse zu gestatten, namentlich wenn, wie

---

[1]) Wissensch. Ergebnisse der Expedit. S. M. Schiff »Pola« No. **19.** Denkschrftn. der Kais. Akad. der Wissensch. 1900. **69.** Vgl. auch Mitt. d. k. k. geogr. Ges. in Wien 1901. p. 188 die Besprechung von Th. Fuchs, woraus oben der Text.

in dem vorliegenden Falle, die Beobachtungen alle von demselben Beobachter ausgeführt werden.

Im ganzen wurden mittels der Scheibe 389 Einzelbeobachtungen vorgenommen.

Die beobachteten Sichttiefen schwankten in den verschiedenen Meeresteilen und nach Massgabe der äussern Verhältnisse in ziemlich weiten Grenzen. Sie betrug im:

	Maximum	Minimum	Mittel
Östlichen Mittelmeere	60 *m*	21 *m*	39.8 *m*
Ägeischen Meere	54 »	25 »	36.1 »
Roten Meere	51 »	3.6 »	24.6 »

Den grössten Einfluss auf die Sichttiefe übt die Farbe des Meerwassers aus. Das blaue Wasser No. 0 ist das durchsichtigste, und die Durchsichtigkeit nimmt regelmässig ab in dem Masse, als die Farbe sich dem hellen Grün nähert.

Sehr interessant und wichtig sind die Resultate, die Luksch über den Einfluss der Sonnenhöhe, sowie die Bewölkung auf die Sichttiefe gewonnen hat.

Es ergab sich, dass im Meerwasser sowohl der Sonnenstand als auch die Bewölkung einen sehr erheblichen Einfluss auf die Sichttiefe erkennen liessen, jedoch war dies nur im reinsten Wasser, welches etwa den Farbentönen 0—3 entsprach, deutlich der Fall. Bereits bei No. 4 zeigte sich der Einfluss sehr unbedeutend, um von 5 an allmählich vollkommen zu verschwinden.

Eine Vorstellung von dem Einflusse, den der Sonnenstand auf die Sichttiefe ausübt, giebt nachstehende Tabelle, welche sich auf das Ägeïsche Meer und auf die Wasserfarbe No. 2 bezieht:

Sonnenhöhe	
0°—10°	32 *m*
10°—20°	35 »
20°—30°	37 »
30°—40°	39 »
40°—50°	40 »
über 50°	41 »

Die Sichttiefe nimmt hiernach nicht einfach proportional der Sonnenhöhe zu, und ist bereits bei niederem Sonnenstande verhältnismässig ausserordentlich bedeutend.

Seit langer Zeit wird ein Einfluss des Salzgehaltes auf die Farbe und mithin auf die Durchsichtigkeit des Meerwassers behauptet; Luksch fand diese Behauptung bestätigt, indem unter sonst gleichen Verhältnissen salzreicheres Wasser sich regelmässig als durchsichtiger erwies als salzärmeres. Einen sehr eigentümlichen Einfluss scheinen die Jahreszeiten auf die Durchsichtigkeit des Meerwassers zu üben, indem das Wasser unter sonst gleichen Umständen und namentlich bei gleicher Farbe während der kühlern Jahreszeit stets eine erheblich grössere Transparenz zeigte.

So fanden sich im östlichen Mittelmeere zwischen Juli und September Differenzen der Sichttiefen von 11, 12 bis 16 *m*, und die mittlere Schwankung betrug 8.8 *m*. Im Ägeïschen Meere betrug die mittlere Differenz zwischen Juli und September 5.4 *m*, zwischen August und September 6.0 *m*. Die grösste beobachtete Differenz war im ersten Falle 13, in letzterem 12 *m*. Im Roten Meere wurden die Beobachtungen ausschliesslich im Winterhalbjahre von Oktober bis März gemacht, doch betrug auch hier die mittlere Differenz 5.5 *m* und zeigt eine Zusammenstellung zwischen Oktober und Dezember eine Differenz von 23 *m*.

Ausser Studien über die Farbe und Durchsichtigkeit des Meeres wurden auch Versuche über das Eindringen des Lichtes in das Meerwasser mittels photographischer Platten vorgenommen. Wegen der Umständlichkeit und Schwierigkeit dieser Untersuchungen war es jedoch nicht möglich, dieselben so oft durchzuführen, als es wünschenswert gewesen wäre, doch liegen immerhin 55 Einzelbeobachtungen vor, von denen 45 auf das östliche Mittelmeer, 6 auf das Ägeïsche Meer und 4 auf das Rote Meer entfallen.

Zur Beobachtung wurde anfangs der Chun-Petersensche Apparat verwendet, bei dem die Freilegung und Schliessung der lichtempfindlichen Platte mittels einer Propellervorrichtung erfolgt. Später wurde jedoch eine von Luksch verbesserte Vorrichtung benutzt, bei der das Öffnen und Schliessen mittels Fallgewichten bewirkt wird, eine Einrichtung, die sich auf das beste bewährte.

Für die Beurteilung der gewonnenen Farbentöne wurde die von Fol und Sarasin vorgeschlagene Skala angenommen, die sieben Intensitätsstufen der Lichtwirkung enthält, in der 0 den Mangel jeder Lichtwirkung, 6 die vollständige Schwärzung der Platte anzeigt. Die Expositionsdauer betrug in der Regel zehn Minuten. Die Ergebnisse derartiger Untersuchungen sind natürlich wesentlich von der Empfindlichkeit der angewendeten photographischen Platten bedingt.

Als Fol und Sarasin ihre Untersuchungen bei Nizza machten, vermochten sie Lichtwirkungen nicht tiefer als 400 *m* zu konstatieren.

Chun, der später empfindlichere Platten verwendete, konnte bei Neapel Lichtspuren noch bis über 500 *m* nachweisen, und Luksch gelang es, schwache, aber doch deutliche Lichtwirkungen noch bei 600 *m* festzustellen.

In Tiefen über 600 *m* waren die photographischen Platten immer vollkommen unverändert.

Der Einfluss der Meeresfarbe auf die Tiefe und Intensität der Lichtwirkung liess sich auch nach der photographischen Methode erkennen, den Einfluss der übrigen Faktoren zu studieren, reichten die gemachten Beobachtungen jedoch nicht aus.

Die Wärmeverteilung in der Tiefsee, mit besonderer Berücksichtigung des von der »Valdivia« gesammelten Materiales, behandelte Dr. G. Schott in einem Vortrage in der Ges. f. Erdkunde zu Berlin.[1])

Eine genaue Vorstellung der Wärmeverteilung ist nur an der Hand kartographischer Darstellungen zu gewinnen, und solche sind für die wissenschaftliche Publikation des die Ozeanographie behandelnden Bandes der Valdivia-Expedition hergestellt worden. Die Grundlagen dieser Karte bilden erstens etwa 500 Temperaturmessungen der »Valdivia«-Expedition an 51 Stationen, zweitens das gesamte sonst erreichbare Material von etwa 1100 weitern Temperaturreihen, die seit 1868 mit guten Instrumenten gemessen sind. Die Untersuchung musste auf den Atlantischen und Indischen Ozean beschränkt bleiben, da nur in diesen Ozeanen die Deutsche Tiefsee-expedition thätig gewesen ist.

»Eine genaue Betrachtung der Karten lehrt nun, dass man in der Tiefsee drei Schichten zu unterscheiden hat, deren jede einzelne durch besondere Eigenheiten der Wärmeverteilung kenntlich ist und ihre besondern, damit zusammenhängenden Bewegungsvorgänge aufweist:

1. In der obersten Schicht von 0—100 *m* Tiefe sind für die Temperaturverteilung horizontale Bewegungen der Wassermassen massgebend, wobei natürlich von den allgemein wirksamen Ursachen, wie direkter oder konvektiver Wärmeleitung u. s. w., abgesehen wird;
2. in der mittlern Schicht von 150—800 *m* Tiefe sind die meisten geographischen Besonderheiten der Wärmeverhältnisse nur durch vertikale Bewegungen erklärbar;
3. in der untern Schicht von 1000 *m* Tiefe ab bis zum Grunde in den grössten Tiefen kommen wieder wesentlich horizontale Versetzungen in Betracht.

Diese Tiefenzahlen haben nur als ungefährer Anhalt zu gelten; die Begrenzungsflächen der einzelnen Schichten gegeneinander liegen in den verschiedenen Ozeanen und Ozeanteilen in etwas verschiedenen Tiefen, wovon nachher noch etwas zu sagen sein wird.

In der obersten Schicht sind unter den »horizontalen Bewegungen« die Meeresströmungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes zu verstehen. Der Verlauf der Isothermen in 50 und 100 *m* Tiefe ähnelt durchaus dem bekannten der Isothermen der Meeresoberfläche, nur dass stellenweise die Eigenheiten der Meeresströmungen noch schärfer unter der Oberfläche als in ihr selbst ausgeprägt sind.

Bei den vertikalen Bewegungen der mittlern Schicht hat man sowohl abwärts gerichtete anzunehmen, welche einen Wasseranstau, eine Anhäufung und Hinabführung von vergleichsweise warmem Wasser in die Tiefen bis zu rund 800 *m* veranlassen, als auch aufwärts gerichtete, die vergleichsweise kaltes Wasser bis nahe an die untere Grenzfläche der obern Schicht, ja in dieselbe hinein, bringen. Dabei denke man nicht an diejenigen Vorgänge, welche unter der unmittelbaren Wirkung des Windes oder Stromes zustandekommen, für die grössern Landseen oft nachgewiesen und auch für den Ozean unter dem Titel »das warme Anstauwasser der tropischen Luvküsten«, bezw. »das kalte Auftriebwasser der tropischen Leeküsten« mancherorts beschrieben sind; denn diese Verhältnisse sind, wie die neuen Karten zeigen, verhältnismässig sehr unbedeutende Erscheinungen und

[1]) Vhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1901. p. 226.

reichen nur stellenweise von der Oberfläche bis zu 200—800 *m* Tiefe. Vielmehr wird man sich Kompensationsbewegungen grossen, ja grössten Stiles vorstellen müssen, die gemäss der Kontinuität aller Wasserbewegungen auf jeder Halbkugel je einen grossen Vertikalkreislauf in vorwiegend meridionaler Richtung beschreiben. Den Anlass zur Systembewegung giebt der Umstand, dass die grossen Oberflächenströmungen mehr Wasser polwärts entführen, als dies äquatorwärts zurückgeführt wird, so dass in den mittlern Breiten von 30—60° Breite ein Anstau, in den äquatornahen Breiten ein Defizit von Wasser besteht; den Ausgleich bringt die Vertikalzirkulation, und sie wird uns erkennbar an dem wichtigsten und zugleich auffälligsten Charakterzuge der Wärmeverteilung der Tiefsee, wonach in den Tiefen von 150—800 *m* das Wasser der mittlern Breiten ausserordentlich viel wärmer ist (stellenweise um 8—10° C.!), als das Wasser der Äquatorialzone gleicher Tiefen.

Am krassesten sind diese abnormen Temperaturverhältnisse in dem Niveau von 400 *m* ausgeprägt; die Isothermenkarte dieser Schicht gleicht, äusserlich betrachtet, sehr einer Isobarenkarte, indem die Auftriebzone mit den niedrigen Wärmegraden dem Auflockerungsgebiete der äquatorialen Breiten entspricht, das Anstaugebiet der Rossbreiten mit den hohen Temperaturen aber dem Luftdruckmaximum mit absteigender Bewegungstendenz, und diese Ähnlichkeit lässt sich weiter in Einzelheiten, z. B. im Indischen Ozeane auf nördlicher Breite, verfolgen und vertiefen, selbstredend, ohne dass eine unmittelbare Ursache und Wirkung vorläge.

Die unterste Schicht ist die mächtigste, innerhalb deren zugleich die thermischen Unterschiede eine sehr weitgehende Ausgleichung finden. Dabei sind die hier anzunehmenden horizontalen Bewegungen im wesentlichen nichts weiter als die Verbindungsglieder der Auftrieb- und der Anstaubewegungen also integrierende Teile des Vertikalkreislaufes und somit in letzter Linie auch von den Oberflächenbewegungen abhängig; es ist unnötig, auf irgend welche andern Ursachen, wie Dichteunterschiede oder dergleichen zurückzugreifen. Dagegen ist es notwendig, anzunehmen, dass die horizontalen Unterströme nicht nur von den Tiefen der Südpolargewässer, sondern auch von den Tiefen der nordatlantischen und nordpazifischen Becken aus äquatorwärts ziehen. Bisher sprach man meist nur von einem »kriechenden antarktischen Bodenstrome«, aber die Eigenheiten der Temperaturverteilung der nordatlantischen Tiefsee verlangen einen horizontalen Unterstrom von Norden nach Süden gerade im Nordatlantischen Ozeane am allerdringendsten, weil hier der absteigende Ast des Vertikalkreislaufes besonders intensiv ausgeprägt ist und fast bis auf den Boden zu reichen scheint. Mit allen diesen Vorstellungen von der »säkulären Verschiebung des Tiefenwassers« (H. Wagner) stimmen gewisse Beobachtungen der »Ingolf«-Expedition, sowie neuere Schlüsse, die auf dem Vergleiche des äquatorialen Oberflächenplanktons mit den Bodensedimenten höherer Breiten aufgebaut sind, überein.«

Die nachstehende Tabelle ist aus den neuen Isothermenkarten in graphischer Interpolation und unter Mittelbildung aus den Werten vieler einzelner Schnittpunkte abgeleitet, so dass hier die allgemein gültigen, von Zufälligkeiten befreiten thermischen Zustände der Tiefsee zum Ausdrucke kommen dürften. Die Reihen I—III mit IV—V verglichen, lehren, wie viel kälter von 150 *m* an die äquatorialen Schichten im Vergleiche zu denen der höhern Breiten sind. Die Reihen I—III unter einander und die Reihen IV und V unter einander verglichen, zeigen, dass sowohl der Warmwasseranstau wie der Kaltwasserauftrieb im Nordatlantischen Ozeane seine vergleichsweise grösste Intensität erreicht, dass dagegen der Südatlantische Ozean den Vertikalkreislauf am schwächsten ausgebildet hat, während der Südindische Ozean eine mittlere Stellung in dieser Beziehung einnimmt.

Mittelwerte ° C.

Tiefe in m	Zone hoher Wärmegrade I Nordatlant. Ozean 30° Br.	II Südatlant. Ozean 30° Br.	III Südindisch. Ozean 30° Br.	Zone niedr. Wärmegrade IV Atlantisch. Ozean Äquator	V Indischer Ozean Äquator
0	22.7	19.5	20.0	26.0	27.8
50	20.9	18.0	19.0	21.8	27.0
100	19.6	17.3	18.9	16.3	24.3
150	18.6	15.8	17.4	13.6	17.1
200	17.9	14.4	15.0	13.3	14.5
400	15.8	11.4	12.5	8.1	10.3
600	13.0	7.7	10.6	5.4	8.9
800	9.8	5.2	8.3	4.7	7.5
1000	7.6	3.9	5.5	4.4	6.2
2000	3.9	2.8	2.5	3.5	2.7
3000	3.1	—	—	2.7	—

»Neben den grossen Charakterzügen der Wärmeverteilung in der Tiefsee, welche auf Bewegungsvorgänge erster Ordnung zurückzuführen sind, ist auch die Ausbildung lokal oder zeitlich beschränkter Wärmeverhältnisse sekundären Charakters zu erkennen, die ihrerseits meist auf dem Spiele kleinerer, den grossen superponierten Bewegungen beruhen.

Ausser dem Windanstau und dem Windauftriebe kann in dieser Hinsicht zunächst die Ausbildung einer Sprungschicht in den meisten der tropischen Meere genannt werden. Wenn man, wie aus einer auf alle drei tropischen Ozeane ausgedehnten Prüfung der Verhältnisse als sachgemäss hervorgeht, einen Temperaturgradienten von 2° C. auf je 25 *m* Tiefenintervall zum Schwellenwerte für das Vorhandensein einer ozeanischen Sprungschicht festsetzt, so findet man weiter aus dem vergleichsweise sehr dürftigen Materiale — für solche eingehendern Untersuchungen müssen Messungen von Tiefentemperaturen in sehr kleinen Tiefenabständen gemacht sein —, dass Sprungschichten zu allen Jahreszeiten in allen drei Ozeanen vorkommen, nicht bloss im Indischen Ozeane. Ein Wärmeabfall von 0.8° C. auf 1 *m* stellt das bisherige Maximum der Intensität einer ozeanischen Sprungschicht dar, und man kann also vielleicht auf je 1 *m* 1° C. als künftig noch feststellbares, ungefähres absolutes Maximum ansehen. Hieraus ergiebt sich somit, dass das, was im Ozeane das Maximum ist, in den grossen Süsswasserseen der Festländer fast erst dem Minimum der Erscheinung entspricht, dass also jedenfalls ein sehr grosser gradueller Unterschied statthat. In Bezug auf die Tiefenlage ist mit ziemlicher Sicherheit zu sagen, dass die mittlere Tiefe der Sprungschicht

im Atlantischen Ozeane zwischen 25— 80 *m*,
„ Indischen „ „ 90—140 „
„ Stillen „ „ 110—180 „

liegt.

Indem man in der Hauptsache weder die direkte, noch die konvektive Wärmeleitung für diese Erscheinung im Ozeane verantwortlich machen kann, sieht man die Möglichkeit, durch Strömungsunterschiede, vorwiegend durch Intensitätsdifferenzen des aufwärts gerichteten Astes des Vertikalkreislaufes, die Verhältnisse einigermassen — wenn auch nicht in allen Punkten — zu verstehen.

Ein weiterer, auffälliger Charakterzug zweiter Grössenordnung ist die Ausbreitung warmen Wassers nicht bloss vor der Gibraltarstrasse, sondern

auch im Adengolfe und im ganzen nördlichen Arabischen Meere; für die erstere Gegend gilt die abnorme Erwärmung von rund 600—2000 *m* Tiefe, für die zweite von 150—3000 *m*. Die gleichzeitige Untersuchung des Wassers in Bezug auf den Salzgehalt macht es zweifellos, dass man es mit einer Unterströmung von Mittelmeerwasser, bezw. von solchem aus dem Roten Meere zu thun hat; die neuen Beobachtungen der »Valdivia« lassen hierüber keinen Zweifel.

Die thermischen Verhältnisse der südpolaren Gewässer verdienen besondere Beachtung. Die Beobachtungen der »Belgica«, der »Valdivia« und des »Challenger« ordnen sich gut von Westen nach Osten aneinander an und sind jetzt näher diskutiert worden.

Unter Heranziehung auch der Dichte- und Salzgehaltswerte lässt sich sagen, dass — wenn allgemein die geographische Breite von rund 60° s. Br. in Betracht gezogen wird — unter den Längen von Kap Horn im Westen und von Terminationland im Osten — obenauf eine Schicht warmen Wassers liegt, das mehr oder weniger direkt in irgendwelchen Oberflächenströmen aus niedern Breiten gekommen sein muss; die Schicht ist bei Kap Horn 50 *m*, im Meridian von Terminationland etwa 25 *m* dick. Dagegen reicht in den Meridianen der Bouvetinsel und des Enderbylandes das kalte südpolare Wasser unmittelbar bis zur Oberfläche; denkt man sich die warme Schicht für die Kap Horn- und Terminationstationen weg, so haben wir allerorts die gleiche, nämliche katotherme Temperaturschichtung, die allen wahrhaft polaren Gegenden eigen ist.

In der Region der Bouvetinsel müssen abkühlende Einflüsse von ganz enormer Mächtigkeit und Intensität eine Rolle spielen; dagegen kann man für die Gewässer in der Umgebung von Terminationland einen günstigen Zustand mit vergleichsweise hohen Temperaturen feststellen; nirgends scheint auf gleicher südlicher Breite die kalte Schicht mit Wärmegraden unter 0° C. so wenig mächtig zu sein wie gerade dort.

Wassertemperatur und Salzgehalt des Nordatlantischen Ozeans im Sommer 1900 während der Expedition der „Michael Sars“. Ein vorläufiger Bericht über die Ergebnisse dieser Expedition hat Fridtjof Nansen veröffentlicht.[1]) Die zu den Messungen benutzten Instrumente waren in jeder Beziehung vorzüglich, und Nansen betont, dass Untersuchungen über Temperatur und Dichte des Wassers in grösserer Tiefe des Nordatlantic nur Wert haben, wenn die genaueste Messungsmethode erprobt worden, da die Änderungen der Temperatur und des Salzgehaltes selbst in geringerer Tiefe nur unbedeutend sind und leicht durch die Beobachtungsfehler verdeckt werden. Die Fahrt dauerte vom Juli bis September 1900 und ging vom Geiranger Fjord in Norwegen nach Island, dann nach Jan Mayen, hierauf zu den Lofoten, dann zur Bäreninsel und zurück zu den Lofoten. Die Oberflächentemperatur des Meeres war damals längs der norwegischen Küste und gegen die Bäreninsel hin niedriger, östlich und nördlich von Island dagegen höher als in den Sommern 1876—1878, 1896—1898, und dieser Umstand erklärt den rauhen Herbst und Winter des Jahres 1900 in Norwegen. Was den Salzgehalt des Wassers anbelangt, so sind die Einzelheiten der frühern Expedition nicht genau genug, um sichere Schlüsse zu gestatten. Es

[1]) Nyt Magazin for Natorvidenskaberne **39.** p. 129.

scheint jedoch, als ob die Unterschiede im Salzgehalte an derselben Stelle und in denselben Tiefen des norwegischen Meeres von einem Jahre zum andern kleiner sind als die Unterschiede in den Temperaturen. Man kann dies so erklären: Wenn der Golfstrom in einem Jahre mit geringerer Geschwindigkeit fliesst als im andern Jahre, können seine Wasser nahezu ihren Salzgehalt behalten, während ihre Temperatur durch Wärmeausstrahlung und Leitung mehr erniedrigt sein wird. Es kann daher sein, dass die Temperaturen mehr Aufschluss über die Änderungen in den Strömungen geben, als der Salzgehalt. Schliesslich kommt Nansen zu folgendem Schlusse: Der Golfstrom hatte längs der norwegischen Küste und nach der Bäreninsel hin im Juli, August und September 1900 geringere Geschwindigkeit als gewöhnlich, und sein Wasser war relativ kalt. Anderseits waren die atlantischen, nordwärts ziehenden Ströme längs der Ost- und Westküste von Island stärker entwickelt als gewöhnlich und relativ warm. So kann es sein, dass täglich die regelmässige Menge warmen Wassers aus dem Atlantic in das norwegische Ostgrönlandbecken geführt wurde, nur hatte es einen mehr westlichen Lauf genommen als gewöhnlich; der ostgrönländische Polarstrom mag in seinem gewöhnlichen Laufe etwas gestört gewesen und der ostisländische Polarstrom vielleicht mehr ostwärts verschoben sein, während gleichzeitig das Polarwasser in der Nähe der Bäreninsel eine grössere Ausbreitung als gewöhnlich hatte. Eine Folge hiervon scheint gewesen zu sein, dass Island oder auf jeden Fall seine Westküste ein ungewöhnlich günstiges Klima im Sommer 1900 hatte, während Nordnorwegen ungewöhnlich rauhe Witterung hatte.

Bezüglich der vertikalen Verteilung des Salzgehaltes und der Dichte im norwegischen Meere ergeben die Untersuchungen, dass die Änderungen viel regelmässiger und allmählicher sind, als man früher angenommen hatte. Sie beweisen ferner, dass die Dichte des Wassers im norwegischen Meere mehr von seiner Temperatur als vom Salzgehalte abhängt. Gleichzeitig lehren indessen die Durchschnitte, dass es von grosser Wichtigkeit ist, das spezifische Gewicht wie die Temperatur des Wassers mit dem höchsten Grade von Genauigkeit zu bestimmen, da schon geringere Ungenauigkeiten in Bezug auf die tiefern Schichten zu sehr irrigen Schlüssen über den Kreislauf im Meere führen können.

Die Wasserzirkulation im Nordatlantischen Ozeane wurde auf Grund aller vorhandenen Beobachtungen und Untersuchungen von Dr. O. Petterssen in ihren Einzelheiten und im Zusammenhange derselben kritisch dargestellt.[1] Die wichtigste Wasserbewegung in diesem Teile des Ozeans bildet der warme Golfstrom und die Golfstromtrift. Der Hauptteil des erstern reicht bis zu den Azoren und

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901.

dem Passatgebiete und umkreist das sogenannte Sargassomeer. Nördlich davon findet in gewaltiger Breite eine Bewegung warmer atlantischer Wasser gegen Norden und Nordosten statt, die sogenannte Golfstromtrift. Sie erstreckt sich im allgemeinen nur auf die oberflächlichen Schichten des Atlantischen Meeres und verdankt ihre Bewegung im grossen und ganzen den vorherrschenden Südwestwinden. Gegen Norden hin breitet sie sich fächerförmig in mehrere Warmwasserzweige aus, von denen jeder nach einer der vier Meerengen gerichtet ist, die den Nordatlantic mit dem Polarmeere verbinden, nämlich: die Davisstrasse, den Dänemarksund, die Meerenge zwischen Island und den Färörn und die Shetland-Färörinne. Die Gestaltung des Meeresbodens spielt bei der Wasserbewegung im Nordatlantic eine grosse Rolle und beeinflusst in hohem Grade Richtung, Geschwindigkeit und Mächtigkeit der Strömungen. Im grossen und ganzen zeigt der Nordatlantic vier tiefe Becken oder Mulden, von denen die beiden westlichen durch den untermeerischen Reykjanesrücken, von den östlichen, welche das eigentliche Golfstromgebiet bilden, getrennt sind. Die britischen Inseln werden vollständig von warmem Golfstromwasser umflutet, selbst durch den englischen Kanal dringt in allen Monaten des Jahres warmes, salzreiches Wasser in die Nordsee. Von den beiden Armen der westatlantischen Strömung fliesst der eine gegen die Mündung der Davisstrasse bis 55° nördl. Br. an der Oberfläche, dann als Unterströmung, die das Eis des kalten Polarstromes in der Davisstrasse zum Teil schmilzt und dort eine ähnliche Rolle spielt, wie der Golfstromarm im nördlichen Eismeere westlich von Spitzbergen. Das ungleich zahlreiche Auftreten von Eis in der Davisstrasse in verschiedenen Jahren rührt vielleicht von Unregelmässigkeiten des grönländischen Polarstromes her, doch erinnert Dr. Petterssen daran, dass der Zustand in der Davisstrasse und der Baffinsbai auf mehrern Faktoren beruht, von denen die mächtigere oder schwächere Ausdehnung des Polarstromes nur einer ist. Nicht minder wichtig, aber jetzt noch verborgen, ist die Entwickelung des atlantischen Unterstromes, denn infolge seines Wärmegehaltes schmilzt das Eis von unten. Dass das Grundwasser in dem westlichen Teile des Atlantic kälter und weniger salzreich ist, als auf der europäischen Seite, erklärt Petterssen durch das Herabsinken der infolge von Eisschmelze und Kontakt mit dem Polarstrome am meisten erkaltenden Wasser auf den Meeresboden, wo sie sich südwärts hin ausbreiten. An der europäischen Seite reichen die warmen Wasser bis auf den Meeresgrund, und ebenso findet sich dort ein grösserer Salzgehalt, aus Ursachen, die noch nicht ganz klargestellt sind. Im allgemeinen spielt sich nach Petterssens Auffassung die Wasserzirkulation des Nordatlantic in der Weise ab, dass das Golfstromwasser als Unterstrom entlang den tiefen Rinnen und Mulden des Meeres nach den westlichen und nördlichen Teilen und sogar unter die Eisdecke des

Polarbeckens und des grönländischen Meeres gezogen wird, wo es das Abschmelzen des Polareises bewirkt, und weiterhin einerseits ein mächtiger Oberflächenstrom, der ostisländische Polarstrom, anderseits eine kalte Tiefwasserschicht entsteht, welche die Tiefe des Eismeeres bis zur Höhe der untermeerischen Bodenschwellen erfüllt. Der ostisländische Polarstrom bewegt sich gegen diese Schwellen, wo er dem Golfstrome begegnet, und findet für einen Teil seiner Wassermassen über dem Färö-Islandrücken unter dem Golfstromwasser Abfluss in die atlantischen Meerestiefen, während der andere Teil sich längs der Nordseite der Schwellen bewegt und im Sommer als Unterstrom, im Winter sogar als Oberflächenstrom die norwegische Rinne und das Nordseeplateau erreicht und in seinen letzten Ausläufen sich im Kattegat verliert. Die Triebkraft der Unterströme liegt nach Petterssen im Vorgange des Eisschmelzens. Die Zirkulation der Wasser im Nordatlantic ist indessen nicht unveränderlich, sondern unterliegt periodischen und unregelmässigen Schwankungen, entsprechend dem Ausgange des Konfliktes zwischen dem Golfstrome und dem Polarstrome, und dieser Konflikt reicht von der arktischen bis in die heisse Zone. Unterwegs überlagern sich diese Strömungen wechselseitig; in südlichen Breiten liegt der warme Golfstrom über dem arktischen Wasser, in nördlichen hat der Polarstrom die Oberhand. Die Überlagerung aber ist lediglich eine Folge der Temperaturverhältnisse.

Untersuchungen von Grundproben des östlichen Mittelmeeres haben Prof. Fr. Berwerth und Dr. Jan de Windt ausgeführt.[1]) Diese Proben wurden gesammelt auf der 1., 3. und 4. Reise der »Pola« 1890, 1892 und 1898.

Im ganzen standen 55 Grundproben zur Verfügung, deren Untersuchung nach den gleichen Methoden durchgeführt wurde, wie sie von Murray und Renard bei Untersuchung der ozeanischen Sedimente in Anwendung kamen.

In Hinsicht auf die Verteilung von kalkhaltigem Schlamme im östlichen Mittelmeere hat sich ergeben, dass zwei Hauptzonen zu unterscheiden sind. Eine verhältnismässig schmale Zone liegt im Norden des Nildelta und erstreckt sich längs der syrischen Küste weit nach Norden. Diese Zone ist in ihren Ablagerungen durch Armut an kalkhaltiger Materie gekennzeichnet, indem der Gehalt an Calciumcarbonat zwischen 5 und 15 Proz. der Gesamtmasse schwankt. In die zweite Zone fällt der ganze übrige Teil des östlichen Mittelmeeres. Sie ist durch eine grosse Beständigkeit in der Führung von Calciumcarbonat ausgezeichnet, dessen Gehalt im Mittel 60—62 Proz. beträgt, mit einer Abweichung von 20 Proz. über und unter diesem Mittel. Um die Ursachen in der Abweichung des

[1]) Sitzber. der math.-naturw. Klasse d. k. k. Akad. in Wien 1901. 20.

Kalkgehaltes kennen zu lernen, ist zunächst festzustellen, dass die Ergebnisse im östlichen Mittelmeere mit der Ansicht von Murray, wonach mit zunehmender Tiefe eine fortschreitende Abnahme des Calciumcarbonates zu gewärtigen sei, im Widerspruche stehen. Dieser Widerspruch wird dann noch durch folgende Thatsachen verschärft, da nachgewiesen wurde, dass von Erhärtung des Schlammes herrührende Krusten, die zum Teile aus sehr grossen Tiefen stammen, durchweg an Calciumcarbonat reicher sind als der sie umgebende Schlamm. Ferner lässt sich auch die stoffliche Zusammensetzung der Ablagerungen mit Murrays Auffassung nicht vereinigen. An Sedimentproben, aus 200 *m* Tiefe stammend, wurde nämlich ein gänzliches Verschwinden der Pteropodenschalen beobachtet, während in Proben aus 1750 *m* Tiefe reichlich gut erhaltene Pteropodenschalen angetroffen wurden.

Bei der Verteilung des Kalkgehaltes scheint also weniger die Tiefe eine Rolle zu spielen, als vielmehr die jeweilige Raschheit, mit der sich die Ablagerung vollzieht.

Eine Bedeutung zweiter Ordnung hat dann die Entfernung der Küste auf die Kalkführung. Aus der Zusammenfassung der Beobachtungen geht hervor, das Murrays Theorie auf das östliche Mittelmeer nicht anwendbar ist.

An der Zusammensetzung der Sedimente beteiligen sich dann verschiedene kieselhaltige Organismen und folgende Minerale, nach dem Mengenverhältnisse geordnet: Quarz (circa 90—95 Proz.) monokline und trikline Feldspate, Glaukonit, von Amphibolen braune und grüne Hornblende und Glaukophan, Magnetit, Granat, Apatit, Zirkon, Turmalin, Chlorit, Calcit, Augit Korund, Picotit, Olivin, Hämatit, Kohlenpartikel, und von Gesteinsfragmenten Marmor, Bimsstein und vulkanisches Glas.

Die Gesamtmasse der Sedimente besteht demnach aus folgenden Elementen:

1. Aus kalkreichen organischen Überresten (kleinen Mollusken und Foraminiferen).

2. Aus Fragmenten kieselhaltiger Organismen (Spongiarien und Radiolarien, auch Kieselplättchen organischen Ursprunges).

3. Aus verschiedenen Mineralen und Gesteinsfragmenten. Die Minerale sind in ihrer vorwiegenden Menge als Abkömmlinge aus alten krystallinischen Schiefern aufzufassen.

4. Aus einem Niederschlage, der mikroskopisch nicht genau bestimmbar ist und den grössten Teil des Schlammes ausmacht. Er besteht aus einem kalkigen Teile (zerriebenen Mollusken- und Foraminiferenschalen) und einem thonigen Teile.

Die Zusammensetzung des Bodens in grossen Meerestiefen ist von J. Thoulet untersucht worden auf Grund von 60 Analysen von Bodenproben, welche der Fürst von Monaco im

atlantischen Ozeane zwischen den Azoren, der afrikanischen und der spanisch-französischen Küste gesammelt hat. Die Tiefe, aus der die Proben stammen, variierte zwischen 690 und 3530 *m*. Thoulet unterscheidet groben, mittlern, feinen und sehr feinen Sand, sowie Schlamm. Kies kommt in diesen Tiefen nicht vor, während derselbe in geringen, 100 *m* nicht überschreitenden Tiefen fast überall verbreitet ist. In diesen seichtern Regionen sind aber die Sandkörner von verschiedener Grösse sehr unregelmässig verteilt, und während Schlamm äusserst selten ist, besteht der Boden hauptsächlich aus feinen und sehr feinen Sanden. In grössern Tiefen herrscht dagegen der Schlamm vor, nächst welchem sehr feine Sande reichlicher vorhanden sind, feine, mittlere und grobe Sande dagegen zurücktreten; doch betont Thoulet, dass nirgends eine Beziehung zwischen dem Mengenverhältnisse der Sandkörner oder des Schlammes und der Tiefe nachzuweisen ist.

Die vom Festlande stammenden groben, mittlern und feinen Mineralkörner, die nicht aus Kalk bestehen, entfernen sich nicht weit von den Küsten; dagegen sind die sehr feinen und besonders die überaus feinen Körner (von weniger als 0,1 *mm* Durchmesser) gleichförmig über den ganzen Boden des Ozeans verteilt. Die mechanische Abrasion durch die Wellen vollzieht sich längs der Küsten, wo das Meer seicht ist, die hierbei entstandenen feinen Teilchen aber werden vom Wasser sofort weithin fortgetragen.

In geringen Tiefen nimmt der Kalkgehalt in dem Masse ab, als der Sand an Feinheit gewinnt; in grossen Tiefen ist er ziemlich gleichmässig bei groben, mittlern und feinen Sanden; verringert sich in den sehr feinen Sanden und besitzt den geringsten Betrag im Schlamme; aber je tiefer der Schlamm liegt, desto reicher ist er an Kalk. Nach dem Ergebnisse der Analysen wächst die gesamte Mengenbeteiligung des Kalkes mit der Tiefe; wahrscheinlich ist diese Zunahme nur scheinbar von der Tiefenlage abhängig und rührt in Wahrheit von andern Ursachen her, gleichwohl widersprechen, wie schon oben hervorgehoben wurde, die gefundenen Zahlen der so oft formulierten Hypothese von einem Verschwinden des Kalkes von einer gewissen Tiefe ab.

Aus gewissen, allerdings seltenen Fällen lässt sich schliessen, dass die Mineralkörner von Kalk umhüllt und durch ihn vergröbert werden, indem sich der Grad der Feinheit der Körner einer Ablagerung bei Behandlung mit Säure erhöht. Daraus dass der Kalkgehalt der Bodenproben keine Beziehung aufweise weder mit der Tiefenlage, noch, wenigstens im allgemeinen, mit der Entfernung von der Küste, folgert Thoulet, dass der vorgefundene Kalk nicht klastischer oder deuterogener Natur, sondern chemischer Niederschlag und besonders von organischer Bildung ist. Thoulet gelangt zu dem Schlusse, dass die Zusammensetzung des Meeresbodens in Beziehung steht zu den Oberflächenerscheinungen, und dass in der

Hydrosphäre ebenso wie in der Litho- und der Atmosphäre die Zone der Veränderlichkeit und Thätigkeit beschränkt ist auf eine Kalotte, die je nach der Örtlichkeit mehr oder minder grosse, aber verhältnismässig geringe Dicke besitzt und die ganze Oberfläche des Erdsphäroids umfasst. Jenseits einer gewissen Grenze vermindern sich die Abänderungen jeder Art mehr und mehr, um sich schliesslich aufzuheben in dem Masse, dass ein permanentes Gleichgewicht hervorgeht.[1])

Über Aufsteigen und Sinken der Küsten in historischer Zeit verbreitet sich R. J. Günther.[2]) Er verweist auf die im Golfe von Neapel unter Wasser liegenden Ruinen zweifellos römischer Bauwerke, die sich dem Posillipokage und der Bucht von Bajä entlang ausdehnen und zum Teil zwar vielleicht Wasserbauten darstellen, zumeist jedoch ehedem auf dem festen Lande gestanden haben. Bei ruhigem Wasser sieht man dort in einer Tiefe von wenigen Fuss ganze Strassenzüge, Treppen, Thorwege und Durchgänge, die versunken sein müssen. Günther meint, dass eine sorgfältige Aufnahme und Untersuchung dieser unterseeischen Gebäude möglicherweise Anhaltspunkte für die dortigen Küstenveränderungen seit der römischen Zeit liefern könnte; ja er ist überzeugt, dass sich dabei noch so viele Thatsachen über die ehemalige Ausdehnung des Meeres ergeben würde, dass man daraus mit annähernder Genauigkeit den Verlauf der Küstenlinie der Phlegräischen Felder in römischer Zeit feststellen könnte. Die Untersuchung müsste jedoch bald erfolgen, da die Winterstürme die Ruinen mehr und mehr zerstören, und der fortschreitende Bau von Uferbefestigungen die Verhältnisse ebenfalls verwischt.

Schwankungen des Seespiegels. H. W. Pearson hat[3]) mit grossem Fleisse die geschichtlichen Angaben über den Höhestand des Meeresspiegels in den verschiedenen Erdregionen gesammelt und glaubt, dass in dem Niveaustande des Ozeans eine Periode von 640 Jahren Dauer zu erkennen sei. Er findet, dass um 250 v. Chr. ein Hochstand der Meere statt hatte, im Jahre 80 unserer Zeitrechnung ein Tiefstand; dann folgten Hochwasserstände um die Jahre 350, 875, 1475, Tiefwasserstände um die Jahre 600, 1150, 1800. Es ist also regelmässig einem Hochwasserstande nach je 320 Jahren Tiefwasserstand, darauf nach weiter 320 Jahren wieder ein Hochwasserstand u. s. w. gefolgt. Die Schwankung selbst erklärt Pearson durch eine Oscillation der Meere zwischen Pol und Äquator. Dieser Schlussfolgerung muss man billig misstrauen, denn das Material, auf welche sie sich aufbaut, ist viel zu lückenhaft und unsicher, um zu sichern Ergebnissen führen zu können.

[1]) Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1901. Heft 3 p. 135.
[2]) Scott. Geogr. Mag. 1900. p. 605. Globus 72. p. 363.
[3]) The Geol. Mag. 1901. 7. p. 167. 223. 253.

Veränderungen an der Nordseeküste, die während der geschichtlichen Zeit eingetreten sind, hat Dr. Kretschmer untersucht. Seine Mitteilungen in der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin beziehen sich vorzugsweise auf das Mündungsgebiet der Ems und der Jade. Schon Drusus und Germanicus haben die Mündung der Ems aufgesucht, und Plinius beschreibt die Ebbe- und Fluterscheinungen und schildert das Wattenmeer mit seiner abwechselnden Wasserbedeckung. Von den Anwohnern sagt er, dass sie auf hügelartigen Erhebungen, den Wurten, sich angesiedelt hätten. Die grösste dort vorhandene Insel war Fabaria, die Bohneninsel, auch Borcana genannt, unser heutiges Borkum. Zur Zeit Karls des Grossen hiess sie Bant, doch hingen damals noch die Inseln Juist und Norderney damit zusammen, und südwärts war zwischen ihr und dem Festlande nur ein schmaler Kanal. Zum letzten Male wird Bant als zusammenhängende Insel um das Jahr 1100 erwähnt, später haben Sturmfluten sie in fünf Inseln zerrissen. Einen Hauptanteil daran hatte jedenfalls die schreckliche Marcellus-Flut am 16. Januar 1362, denn 1398 werden die einzelnen Inseln bereits erwähnt. Der heutige Dollart ist auch erst in geschichtlicher Zeit entstanden. Vor 1277 war dort noch Festland, und ein Deich schloss die Ems ab, welche nordwärts einen Bogen beschrieb und bei Emden vorbei floss. Im Januar 1277 fand ein Deichbruch statt, und in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts folgte ein zweiter Einbruch der See, durch welchen 32 Ortschaften vernichtet wurden. Weitere Sturmfluten ereigneten sich, bis zu Anfang des 16. Jahrhunderts die heutige Gestalt des Dollart im wesentlichen sich ausgebildet hatte. Die Weser muss in vorgeschichtlicher Zeit in einen grossen Meerbusen abgeflossen sein, der aber allmählich durch Sinkstoffe zugebaut wurde. Es entstand ein grosses Delta, welches den ganzen Raum zwischen Jade und der heutigen Wesermündung umfasste. Diese Teilarme der Weser waren bis zum 16. Jahrhunderte noch vorhanden und sind erst durch Menschenhand beseitigt worden. Bei Elsfleth ging z. B. ein schiffbarer Arm der Weser nach Nordwesten, die sog. Lienen, welche sich mit der Jade vereinigte, und die (vor dem Jahre 1500) künstlich zugedämmt wurde. Ein anderer Arm verliess bei Brake die Weser in der Richtung auf den Jadebusen hin; er war 1531 bereits zugefüllt. Ein dritter, breiter und schiffbarer Weserarm zwischen Stad- und Butjadingerland hiess die Heete und war um die Mitte des 15. Jahrhunderts schon abgedämmt. Die Gestaltung der Küstenlinie im Jade-Wesergebiete ist durch die Sturmfluten ausserordentlich verändert worden. Seit dem 11. Jahrhunderte liegen hierüber Nachrichten vor. Nach Kretschmer scheinen besonders die Fluten am 17. November 1218 und die sogenannte Eisflut am 17. Januar 1511 von Einfluss gewesen zu sein. Stets aber wurden, den Elementargewalten trotzend, die Deiche wieder neu hergestellt. Der letzte grosse Einbruch der See geschah Weihnachten 1717, seit-

dem sind die Deiche wesentlich verstärkt und erhöht worden, und die heutige Küstenlinie ist lediglich durch Deiche fesgelegt, d. h. ein künstliches Produkt.

Landgewinnung an der Westküste Schleswig-Holsteins. An der Westküste Schleswig-Holsteins werden seit einigen Jahren Landgewinnungsarbeiten betrieben, die von sehr grosser Bedeutung sind. Das Ziel dieser Arbeiten ist nichts geringeres als das ganze Gebiet, in dem die schleswigschen Nordseeinseln gelegen sind, dem Meere abzugewinnen und zu einem weiten Felde fruchtbaren, kultivierten, gegen die See geschützten Marschlandes zu machen. In früherer Zeit hat das Festland Schleswig-Holstein sich etwa fünf Meilen weiter westwärts erstreckt. Verheerende Sturmfluten haben den fruchtbaren Boden fortgerissen, und die jetzigen Watten sind nichts anders als das vom Meere geraubte Marschland. Die Landgewinnungsarbeiten bestehen in Vorkehrungen, durch welche der längs der Küste und zwischen den Inseln und Halligen hindurch streichende Strom des mit der Flut auflaufenden Meeres unterbrochen, dasselbe zum Stillstande und damit zum Absetzen der mitgeführten Sinkstoffe gebracht wird. Das geschieht zunächst in der Weise, dass die im Wattenmeere liegenden, unaufhörlich von der See benagten Inseln und Halligen durch Steindossierungen gegen weitern Abbruch geschützt und dann allmählich feste Dämme von Insel zu Insel oder von Insel zum Festlande geschlagen werden. Je mehr Dämme das Wattengebiet durchziehen, desto geringer wird der Strom des Flutwassers, desto sicherer werden die einzelnen Dämme, und desto rascher erfolgt die Verlandung. Wenn man bedenkt, dass jedes Hektar gewonnenen Marschlandes einen Wert von 2000 bis 3000 M vorstellt, und im ganzen etwa 250 000 *ha* Land zu gewinnen sind, so wird man die Bedeutung dieser friedlichen Landerwerbungsarbeiten ungefähr schätzen können.

Fjordbildungen. Über die Ergebnisse seiner Studien an Fjorden in Norwegen, Alaska und Patagonien hat Otto Nordenskjöld eine Abhandlung veröffentlicht.[1]) P. Dinses morphogeographische Studien[2]) über Fjordbildungen werden von Nordenskjöld nach Verdienst gewürdigt, doch legt derselbe auf die Muldenform der Fjords grösseres Gewicht und betont, dass alle Fjorde ohne Ausnahme, wenn sie über die Meeresoberfläche gehoben wären, sich als Seen oder Systeme von Seen darstellen würden. Eine innige Beziehung zwischen den Fjorden

---

[1]) Bulletin of Geolog. Inst. of the University Upsala Nr. 8. Auszug daraus in Potoniés naturwissenschaftlicher Wochenschrift. 1901. Heft 6. p. 268, wonach oben der Text.

[2]) S. dieses Jahrbuch 1894. 5. p. 177.

und den in der Verlängerung der Fjorde liegenden Fjordseen, welche sowohl im Längs- als im Querprofile dieselben Reliefverhältnisse wie die Fjorde aufweisen und bei einer unbedeutenden positiven Strandlinienverschiebung selbst Fjorde bilden würden, ist unverkennbar. Gewisse typisch ausgebildete Felsenbecken, welche ganz oder teilweise leer sind, weil spätere Erosion den Thalriegel an einer Stelle durchgesägt hat, ferner die sog. Randseen, welche man in sehr vielen Gebirgsgegenden im Grenzgebiete gegen die Ebenen trifft, schliessen sich durch äussere Begrenzung und durch ober- und unterseeische Reliefverhältnisse an die Fjorde an. Jene Randseen sind nach Ramsays von Penck geteilter Auffassung wenigstens teilweise durch die Erosion ehemaliger Gletscher ausgehöhlt worden. Damit stimmt überein, dass alle echten Randseen in Gegenden liegen, welche einst mit Eis bedeckt waren, wie auch die Fjorde in allen an Meeresbecken grenzenden Gebirgsgegenden auftreten, wo Gletscher einst bis an das jetzige Meeresniveau reichten, und wirkliche Fjordgebiete nur in solchen Gegenden vorkommen.

Bei Einteilung der Fjorde unterscheidet Nordenskjöld:

A. Beckenförmige Einsenkungen der untermeerischen Küstentafel.

B. Fjorde der Gebirgsgegenden.

I. Fjorde der Faltungszone.

1. Radialfjorde:

a) das Fjordthal läuft dem Streichen parallel,

b) das Fjordthal überquert die Streichrichtung,

c) Fjorde in massigen Gesteinen.

2. Parallelfjorde und Parallelstrassen (Kanäle).

II. Fjorde in Gegenden mit wenig metamorphosierten, bankförmig lagernden Gesteinen (Finmarktypus).

C. Fjorde des niedrigen Rumpflandes.

Auf der der skandinavischen Halbinsel vorgelagerten unterseeischen Küstentafel haben die Lotungen viele unterseeische Becken nachgewiesen, welche immer in der Nähe der Küstenlinie liegen, deren Entstehung jedoch in manchen Beziehungen rätselhaft ist, so dass Nordenskjöld sie nur mit Zweifeln zu den Fjordbildungen rechnet, obwohl sie zahlreiche Analogien mit diesen aufzuweisen haben. Derartige Einsenkungen kommen fast überall vor der norwegischen Küste vor, namentlich zwischen dem Sognefjord und dem Westfjord. Auch die »Norwegische Rinne« darf nicht ohne weiteres als Fjord aufgefasst werden, obwohl sie auf den ersten Blick als ein grosser Fjord erster Ordnung erscheint, von dem alle Fjorde des südlichen Norwegens Nebenfjorde bilden. Es liegen aber keine Beweise vor, dass sie ihre Entstehung ähnlichen Kräften zu verdanken hat, wie die echten Fjorde. Eine gewisse Übereinstimmung

mit der Norwegischen Rinne zeigt der Westfjord. Vielleicht sind alle diese der Küstenlinie parallelen Vertiefungen Reste einer grossen Einsenkung, welche zur Zeit der Gebirgskettenfaltung durch tektonische Ursachen entstanden ist.

Die Fjorde der Faltungszone sind die typischen Fjordbildungen; sie umfassen fast alle norwegischen Fjorde, ausgenommen diejenigen der nordöstlichsten Halbinsel. Geringe Breite und bedeutende Tiefe zeichnen sie aus; der Sognefjord, der tiefste Querfjord der Welt, erreicht 1240 *m*; aber selbst in den kleinsten findet man Tiefen von etwa 500 *m*, und einige wenige erreichen 700—800 *m*. Wie Nordenskjöld zeigt, passen die Fjorde sich in ihrem Verlaufe und ihren Biegungen möglichst genau den Wechseln des Schichtenstreichens an, so dass sie immer danach streben, so weit als möglich als Längsthäler aufzutreten, und demnach die vielfach geäusserte Ansicht, dass die Fjorde meistens rechtwinklig zur Streichrichtung der umgebenen Gesteine verlaufen, unrichtig ist. Die der Küstenlinie parallelen Meeresstrassen erweisen sich fast sämtlich als Längsfjorde. Sie trennen häufig äussere Inselgruppen von dem Festlande ab. Ihre Form ist durchweg die des Beckens, indem Schwellen, deren Lage oft durch emporragende Felsinseln angedeutet wird, tiefere Teile derselben voneinander trennen. Immer sind aber diese Tiefen geringer als die der angrenzenden Radialfjorde, welche mit ihrem Hauptstamme die Küstenlinie senkrecht oder unter einem steilen Winkel treffen. Unter diesen kommen sowohl Längs- als Querfjorde vor, während viele andere in ihrer Richtung von dem Streichen der Schichten beeinflusst werden, ohne demselben genau zu folgen. Von echten Längsfjorden erster Ordnung, welche genau dem Streichen folgen, kennt Nordenskjöld kein sicheres Beispiel. Die Querfjorde bilden in ihrem Hauptverlaufe einen bedeutenden Winkel mit dem durchschnittlichen Schichtenstreichen. Sämtlich infolge der ausgesprochenen Beckenform als echte Fjorde anzusehen, zerfallen sie der Hauptsache nach in drei Gruppen: 1. die langen, schmalen, gewundenen Fjorde, z. B. die innern Fortsetzungen des Bukkenfjords, der Jöringfjord und der Nordalsfjord: 2. die relativ breitern Fjorde, namentlich im nördlichen Norwegen; 3. einige kurze, breite Buchten, wie der Bukkenfjord und der Björnefjord.

Die Fjorde in massigen Gesteinen, z. B. Eruptivgesteinen, Granit etc., sind meistens sehr schön ausgebildet, tief, durchweg kurz und schmal, häufig gewunden, aber mit parallelen Wänden und frei von Inseln.

Die Fjorde des Finmarktypus sind weit breiter als alle andern ähnlichen Bildungen in Norwegen. Die durchschnittliche Breite des Laxefjords (15 *km* bei 70 *km* Länge) wird selbst nicht von dem Bukkenfjord erreicht. Die Begrenzungslinien sind sehr einfach, auf grossen Strecken kommen gar keine Nebenfjorde vor, und der Küste

parallele Strassen, welche Inseln abschnüren, fehlen fast gänzlich, wenn auch einzelne Anfänge vorhanden sind. Hinsichtlich der Tiefenverhältnisse betrachtet Nordenskjöld wenigstens den innern Teil des Varangerfjords mit einer Maximaltiefe von 424 *m* gegen eine Schwelle von 200—250 *m* Tiefe als abgeschlossenes Becken und somit als echten Fjord. — Die diese Fjordbecken begrenzenden Gesteine gehören der Gaisagruppe an und bestehen aus Sandstein, Konglomerat und Thonschiefer mit Dolomiteinlagerungen, in der untern Abteilung auch aus Quarzit, Glimmerschiefer und sogar ausgneisähnlichen Gesteinen. Dieselben sind durchweg annähernd horizontal gelagert, wenn auch einzelne Störungen vorkommen, und treten wie viele jüngere, nicht metamorphosierte Sedimentgesteine in dicken, bankförmigen Schichten auf. Welchem dieser beiden Umstände die abweichende Form der Finmarkenfjorde zuzuschreiben ist, wagt Nordenskjöld nicht zu unterscheiden; dass sie aber durch die Beschaffenheit des Untergrundes verursacht ist, lehrt ein Vergleich zwischen der Nord- und der Südseite des Varangerfjords. Die Südseite desselben wird vom Grundgebirge gebildet, und die Fjordlandschaft erinnert hier stark an die norwegische Westküste.

Die ausserhalb der Gebirgsgegenden liegenden Fjorde, deren Umgegend dem stark abradierten ostskandinavischen Rumpfgebiete angehört und aus archäischen Gesteinen gebildet wird, haben in Übereinstimmung mit der fast stets unter 100 *m* bleibenden Höhe ihrer Umgebung durchschnittlich eine bedeutend geringere Tiefe, so dass sie gewöhnlich nicht als Fjorde anerkannt werden. Zu dieser Gruppe werden mehrere der kurzen Fjordbuchten der norwegischen Südküste gerechnet, während einige der Einbuchtungen an der Küste der schwedischen Landschaft Bohuslän als typische Beispiele angeführt werden (Gullmarfjord, Koljefjord mit Byfjord). Die Längen- und Breiten-, wie auch die Tiefenverhältnisse zeigen die Fjordähnlichkeit derselben; bei einigen derselben fehlen zwar die Schwellen, aber dieselben sind wahrscheinlieh bei späterer Sedimentation versteckt. Im Anschlusse hieran bespricht Nordenskjöld auch die schwedischen Fjärde, welche nach Dinse schmale, gewundene Meeresstrassen sind, die sich häufig sehr weit in das Innere hinein verzweigen und wie die Fjorde meist senkrecht zur Küstenlinie in das Land eingeschnitten sind, deren Parallelismus sich aber auf den allgemeinen Zug der Wasserstrassen beschränkt, während die Inseln, Riffe und untermeerischen Bänke zwar oft in Reihen angeordnet sind, ohne dass jedoch die Richtungen der Einzelformen übereinstimmen. Die Landzungen, die langgestreckten Inseln mit parallelen Ufern fehlen im Fjordgebiete, wo breite, seeartige Erweiterungen mit den schmalsten Engen wechseln, während die Inseln die unregelmässigsten Formen haben. Dinse sucht den Unterschied zwischen den Fjorden und den Fjärden in erster Linie in der äussern Formenbegrenzung. Wie

Nordenskjöld zeigt, kommen aber plötzliche Erweiterungen auch bei Fjorden vor, wenn sich mehrere beinahe parallele Thäler vereinigen; dass die Einwirkung der überquerenden Strassen in den Fjärdgebieten einen weit grössern Einfluss üben kann, führt Nordenskjöld auf die geringe Höhe der umgebenden Landschaft zurück. Im übrigen findet er den Unterschied zwischen den Fjorden und den Fjärden hauptsächlich in den Tiefenverhältnissen, indem die Fjärde nur selten als durch untermeerische Schwellen abgeschlossne Becken erscheinen. Allerdings kommen Schwellen häufig vor, aber es lässt sich nicht beweisen, dass sie aus anstehendem Fels bestehen, und das angrenzende Meer ist meistens schon in der Nähe der Küste ebenso tief oder tiefer als die innern Einsenkungen. Aus diesen Gründen empfiehlt Nordenskjöld, die Fjärde den eigentlichen Fjorden als besondere Gruppen zu koordinieren, wie dies auch bisher geschehen ist. Die von Dinse angeführten Beispiele aus dem nördlichsten Schweden verwirft er als nicht typisch und betrachtet das Gebiet zwischen dem nördlichen Småland (57° 30′) und der Gegend von Stockholm als das typische Fjärdgebiet.

Ausser den norwegischen Fjorden zieht Nordenskjöld die Fjordgebiete in Alaska, Westpatagonien und dem Feuerlande, Grönland, Spitzbergen, Island, wenn auch nicht eingehend, in den Bereich seiner Untersuchungen, zeigt, dass in den Gegenden, wo frühere ausgedehnte Eisbedeckung nachgewiesen worden ist, an allen Küsten der Faltungs- und Abrasionsgebirgsländer, ferner an sehr vielen der höhern Tafelländer, sowie ausserdem der Gebiete mit archäischem Untergrunde überhaupt, in überaus grosser Menge beckenförmige Einbnchtungen vorkommen, welche mit gemeinsamen Namen als Fjordbildungen zusammengefasst werden können und dadurch charakterisiert sind, dass sie gesellig auftreten, auf grössere Strecken wenigstens eine Annäherung zur Parallelität zeigen und dieselbe Breite beibehalten, meistens ohne von Seitenthälern beeinflusst zu werden, und endlich dass sie im Verhältnisse zu ihrer Breite lang (5- bis 40mal so lang als breit) und tief, im Verhältnisse zwischen 1 : 2 und 1 : 15 wechselnd, sind. In derselben Gegend sind sie durchweg ähnlich; in verschiedenen Gegenden häufig verschieden. Den grössten Einfluss auf die Fjordform übt die Beschaffenheit des Gebirgsuntergrundes; daneben ist auch die Topographie der Umgebung von grossem Einflusse auf Aussehen und Tiefe der Fjorde: je flacher die Umgegend wird, desto breiter und weniger tief werden die Fjordbuchten, dagegen sind die tiefsten Fjorde fast immer schmal, besitzen auch überseeisch steile und hoch aufragende Abhänge und sind in harte, gleichförmige Gesteine eingeschnitten.

Die Fjorde und fjordartigen Bildungen — abgesehen von den Fjörden und Einbuchtungen der Schwemmlandsküsten — lassen sich in drei Gruppen teilen:

Gruppe	Bezeichnung	Typische Vorkommnisse	Gebirgsuntergrund
I. „Echte“ Fjorde der Faltungsgebirge und höheren Abrasionsgebirge.	Radialfjorde Parallelstrassen Kombinationsfjorde	Westgrönland Neuseeland NW-Amerika Patagonien Norwegen	Granit, Gneis u. s. w. Längskettengebirge. Abrasionsgebirge mit wechselnden Gesteinen.
II. Fjorde in bankförmigen oder horizontal lagernden Gesteinen.	Finmarktypus Breite Buchten	Finmarken Spitzbergen Disco, Golfo de Peñas	Bankförmige Gesteine in nicht steiler Lage. Jüngere Gesteine meistens mit Basalt.
III. Fjordartige Bildungen ausserhalb der Gebirgsgegenden.	Mainetypus Fjärde	Maine, Bohuslän die Ostseeküsten	Massige und altkrystallinische Gesteine.

Die reinen Radialfjorde zeigen im Längsprofile ein unruhig wechselndes Bodenrelief mit hoch ansteigenden Schwellen. Die reinen Parallelstrassen sind wenigstens zuweilen, so in Westpatagonien, sehr tief, ihre grössten Tiefen liegen aber da, wo die Kanäle gegen das Meer abzweigen; überhaupt werden die Kanäle in ihrer Richtung, nicht aber in ihrer Form stark von bedeutenden Radialfjorden des innern Landes beeinflusst. An den Längsküsten besteht ein Fjordsystem oft aus mehrern Längsthälern, die durch kurze Querthäler verbunden sind, welche enger und tiefer sind als jene. Auch sonst sind die meisten Fjorde Systeme von in verschiedenen Richtungen laufenden Thälern und Nebenthälern, wobei die Seitenthäler sich fast immer durch ihre Beckenform als selbständige Fjorde erweisen. Auch ganz kurze Fjorde erreichen häufig schon am innern Ende bedeutende Tiefen, welche jedoch niemals so gross werden, wie diejenigen der langen Hauptfjorde in Gebirgsländern. Während die Tiefenverhältnisse der langen und schmalen Buchten vom Finmarktypus wenig bekannt sind, sind die Tiefen der breitern Öffnungen in den Fjordküsten gross, aber nicht übergross (in der Disco-Bucht etwa 500 *m*).

In Gegenden, wo die Schneelinie tief liegt, werden die Fjorde häufig unmittelbar von einer steilen Karenwand begrenzt; gewöhnlich aber liegen in ihrer Fortsetzung tiefe Thäler, in denen häufig langgestreckte und tiefere Seen vorkommen, welche entweder durch Schuttmassen oder Felsenschwellen abgedämmt sind. Nicht selten steigen die Thäler, welche als Fortsetzung der Fjorde anzusehen sind, terrassenförmig an und enden landeinwärts an einem kurzen,

steilen Abhange; sehr selten (in Patagonien) durchbrechen sie die ganze Gebirgskette, etwas häufiger durchbrechen sie eine erste Hügelkette und setzen sich dann als Längsthäler fort.

Echte Fjorde kommen niemals ausserhalb der gegenwärtig oder früher vereisten Gebiete vor; wo andere Auffassungen geäussert sind, hat man den Umstand nicht genügend berücksichtigt, dass die Fjorde gesellig auftretende tiefe Becken sind. In Europa kommen keine Fjorde südlich von etwa 55° n. Br. vor. Zwar findet man an mehrern Stellen schmale, untergetauchte Thäler, sowohl Radialthäler vom Riastypus als Längsthäler vom Dalmatischen Typus; aber selbst wenn sie überhaupt die Beckenform zeigen, sind die relativen Tiefenunterschiede sehr gering, so dass anzunehmen ist, dass die Schwellen nur aus angeschwemmtem, losem Materiale gebildet sind.

Da die Fjorde nur in den ehemals vereisten Gebieten vorkommen, muss die Bildung der für die Fjorde charakteristischen Beckenform in irgend einem Zusammenhange mit der Eisbedeckung stehen, was schon von O. Peschel hervorgehoben worden ist. Für die Beantwortung der Frage, ob die Fjordbecken als echte Felsenbecken oder nur als teilweise zugeschüttete Pseudobecken anzusehen sind, vermag Nordenskjöld zwar auch keine direkt entscheidenden Momente beizubringen; er macht es aber wahrscheinlich, dass die meisten Fjorde Felsenbecken sind. Wie er nachweist, haben diese ihre Form nicht durch unregelmässige Bewegungen der Erdkruste, auch nicht durch Verwerfungen oder Grabensenkungen erhalten, so dass nur die Möglichkeit übrig bleibt, dass sie durch die Erosion der Gletscher ausgehöhlt seien. Beachtet man, dass die eigentliche Thalbildung schon vor der Eisbedeckung erfolgt ist, so dass die meisten Thäler, in denen jetzt Fjorde liegen, schon in präglazialer Zeit existierten, und dass die Gletscher eben diesen präglazialen Flussthälern folgten, beachtet man ferner, dass ein bedeutender Teil der Differenzen zwischen den Tiefen der Fjorde und denjenigen der Schwellen von dem auf letztern abgelagerten Moränenmateriale herrührt, so dass die Tiefen der wirklichen Felsenbecken sich nicht feststellen lassen, so ist man mit Hilfe dieser Hypothese im stande, die meisten Erscheinungen bei dem Auftreten der Fjorde zu erklären. So wird es begreiflich, dass die Flussthäler und deshalb auch die Fjorde den Verwerfungsspalten und der Streichrichtung der Schichten folgen, namentlich in Gegenden mit weichem Gesteinsgrunde vorkommen und hier breiter, aber zugleich weniger tief werden, da eine Vertiefung des Bettes nicht so notwendig war, um Platz zu gewinnen. Im breiten Thale des Christianiafjords wurden die im Hintergrunde desselben liegenden Inseln, welche aus losen paläozoischen Gesteinen bestehen, nicht hinwegerodiert, zumal sie von den Hügeln des Hinterlandes geschützt wurden; in schmalen Rinnen fehlen dagegen alle Inseln auch von den härtesten Gesteinen. — Die Erosionstheorie

vermag auch die Entstehung der Schwellen zu erklären. Waren in einem engen Bette grosse Eismassen vorhanden, so musste zunächst die Erosion um so stärker sein, je schmäler das Bett war. Wenn jedoch nun die Eismasse in das flachere Vorland hinaustrat, so konnte sie allerdings ihr tiefes Bett ein wenig verschieben, zuweilen sogar eine Strecke in das ganz flache Küstenplateau hinaus, aber die Tiefe musste hier schnell abnehmen, so dass eine Schwelle entstand.

Die enorme Tiefe einiger Fjordbecken lässt darauf schliessen, dass zu ihrer Ausbildung auch noch andere Ursachen mitgewirkt haben mögen. Nordenskjöld macht hier darauf aufmerksam, dass die Fjorde genau den früher existierenden Flussthälern und Depressionen folgen, die aber immer die am wenigsten widerstandskräftigen Stellen des Gebirgsgrundes aufgesucht haben; darum sind die Fjorde so häufig in der Schichtenantiklinalen und in Gebieten mit Verwerfungen oder mit weicherem Gesteinsgrunde. Noch viel wichtiger ist ihm jedoch die Gesteinszerklüftung, und er hält es für sehr wahrscheinlich, dass Fjorde von bedeutender Beckentiefe nur an solchen Stellen vorkommen können, wo das Gestein nach gewissen Richtungen durch tiefgehende Zerklüftung mit oder ohne Verwerfungen hinreichend aufgelockert war.

Die Bildungsgeschichte des Schwarzen Meeres hat F. Toula auf Grund eigener Studien und in Anlehnung an R. Andrussow, Sinzow und Sokolow in übersichtlicher Weise in einem Vortrage dargestellt.[1] Diese Geschichte lässt sich zur Zeit rückwärts nicht über die mediterrane Stufe verfolgen, wenngleich es ersichtlich ist, dass schon in der Oligocänzeit, also vor dem mediterranen Zeitalter, in Südrussland ein Meer vorhanden war, welches sich wenigstens bis über den westlichen Teil des heutigen Schwarzen Meeres erstreckte. Die einzelne Entwickelungeschichte des Schwarzen Meeres fasst Toula in folgender Weise zusammen.

1. Ein Meer von weitreichender Ausdehnung, dessen Zusammenhang noch vielfach fraglich bleibt in der untern oder mittlern Oligocänzeit. Nicht unwichtig für die Vorgeschichte der Senke des Pontus und Kaspi ist der Nachweis des Bestandes eines Meeres in Westsibirien während der Eocän- und Oligocänzeit, das man sich über das Gebiet des untern Ob als mit dem Polarmeere und mit dem südrussichen Becken in Verbindung stehend gedacht hat, und dessen Abschnürung von dem letztern durch eine Seespiegelsenkung (Hebung des Untergrundes während des Oligocän) erfolgt sein dürfte.

2. Mit dem obersten Oligocän beginnt die zusammenhängende Geschichte des Schwarzen Meeres.

3. Die dunklen Schieferthone der Krim und vom Nordrande des Kaukasus, in das Miocän übergehend, und zwar in Äquivalente des

[1]) Natur 1901. Nr. 1. 2. 3.

Schlier und des galizischen Salzthones. Ein tiefes Meer, das zuerst mit einem in Südrussland ausgedehnten Meere im Zusammenhange stand und schliesslich auf einen schmalen Meeresarm (Krim-Kaukasus) beschränkt blieb, dessen Zusammenhang mit dem Westen uns nicht genauer bekannt ist.

4. Das mittelmiocäne Meer der euxinischen Stufe, ein Äquivalent der Mediterranablagerungen des Wiener Beckens. Aus Galizien herüberreichend zu einem langen, westöstlich hinziehenden Meeresarme, der über einen grossen Teil des Schwarzen Meeres und nördlich vom Kaukasus sich erstreckte, mit einer rumänischen und einer südlich von der Krim und den Dobrudschabergen bis nach Varna reichenden Bucht. Auch von der Südseite des Kaukasus aus der Gegend nordwestlich von Tiflis bekannt.

a. Die Tschokrak- und b. die Spaniodonschichten. Faziell von den typischen Mediterranschichten verschieden und in dieser Ausbildung westlich über das eigentliche Gebiet des heutigen Schwarzen Meeres nicht hinausreichend.

5. Das sarmatische Meer, eine Periode des Hinübergreifens des Meeres über die Grenzen des vorhergehenden Meeres (Transgression). Das ganze Becken des Schwarzen Meeres, mit Ausnahme des südlichsten Saumes, erscheint einbezogen; ein sehr breiter Meeresarm, bis an die ergenischen Hügel reichend, stellt die Verbindung mit dem gegen Norden, weit über das heutige Kaspische Meer und bis an den Aralsee reichenden, grossen östlichen Meeresbecken her. Im Südwesten reicht eine Bucht mit einer Meeresstrasse bis Derkos, westlich von Stambul, über den nördlichen Teil des Marmarameeres und bis über Gallipoli hinaus. Im Bereiche des Schwarzen Meeres:

a. dunkle Schieferthone von Kertsch, Ervilienschichten Südrusslands. b. Nubecularienschichten, Sande, Mergel und Kalke. c. Bryozoënkalke, Schieferthone, Sande, Thone und Kalke mit Mactra caspia.

6. Die mäotischen Meerbecken oder die Dosinienschichten (mäotische Stufe) in Südrussland, bei Kertsch und in Rumänien. Eine Übergangsbildung (= erste pontische Stufe Andrussows), die sich im nordwestlichen Teile des Schwarzen Meeres, im Bereiche des heutigen Asowschen Meeres und im mittlern Teile des kaspischen Beckens ganz besonders herausbildete. Es war eine Periode der Einengung, der Schrumpfung des Meeres in Südrussland. Der Kalkstein von Kertsch, unten mit Dosinien neben Cerithien, oben mit Congerien, bezeichnet eine Übergangsbildung zu den eigentlichen Congerienschichten oder der »pontischen Stufe«, deren unterste, älteste Bildungen von Andrussow mit der mäotischen Stufe in Parallele gestellt wurden.

7. Die Congerienstufe. Das Meer im Bereiche des eigentlichen pontischen Beckens ist auf den nördlichsten Teil des heutigen Schwarzen Meeres beschränkt, und zwar auf den Golf von Odessa,

mit einer Bucht tief in das rumänische oder danubische Becken und auf das Asowsche Meer. Die östliche Fortsetzung ist einigermassen fraglich, doch kennt man sie aus der Kalmükensteppe, von der untern Wolga und von der Ostküste des Kaspi. Im Schlamme des Schwarzen Meeres und des Marmarameeres hat man halbfossile Schalen angetroffen; im Kaspi dauert die Fauna noch heute an, man findet dort die lebenden Dreissensien. Die Valenciennesien- und Psilodonschichten Rumäniens und von Kertsch gehören hierher. Der Odessaer Kalkstein oder der Hauptsteppenkalk desgleichen (= zweite pontische Stufe nach Andrussow). Die Parallelisierung der pannonischen und der Wiener Congerienschichten ist durch die Verschiedenheit der Faunen jedes einzelnen Teilbeckens sehr erschwert. Die Dreissensia simplex, eine der Hauptfossilienarten des Odessaer Kalksteines, fand man im Westen nicht, wohl aber im Quartär des aralo-kaspischen Gebietes und lebend im Aralsee.

8. Die Paludinenschichten Rumäniens und des pannonischen Beckens spielen als solche im Becken des Schwarzen Meeres keine Rolle. Die Congerien und Dreissensien dauerten offenbar aus und drangen immer weiter gegen Süden vor bis ins Marmarameer, also gegen die Einbruchregion des mediterranen, des Mittelmeerbeckens im Bereiche des Ägäischen Meeres hin (= dritte und vierte pontische Stufe Andrussows).

9. Bildung des Bosporus und der Dardanellen nach vorheriger Abtrennung des Kaspi und des Aral vom Schwarzen Meere (= fünfte pontische Stufe Andrussows, bis in die Gegenwart reichend), und nach einer vorübergehenden mediterranen Überflutung im Bereiche der Dardanellen (bei Tschanakkalessi und bei Gallipoli). Die Dreissensien sterben in der Tiefe des Schwarzen Meeres und des Marmarameeres infolge des Einströmens des salzigen Mittelmeerwassers ab. Die Mittelmeerfauna breitet sich Schritt vor Schritt vordringend immer weiter gegen Norden hin aus, ein Vorgang, der sich noch heute fortsetzt.

Die submarinen Thäler vor der Küste Californiens. G. Davidson hat das sämtliche hierüber vorhandene Material an Lotungen gesammelt und kartographisch verarbeitet.[1]) Zwischen Diego an der Grenze Mexikos und dem Cap Flattery läuft die 100-Fadenlinie in etwa 10 Meilen Entfernung von der Küste dieser parallel, dann aber senkt sich ziemlich plötzlich der Boden des Ozeans bis zu 2000 ja 2700 Faden Tiefe. Die Thalflächen, welche man hier antrifft, sind aber keineswegs zusammenhängend, sondern werden von submarinen Plateaus unterbrochen, auch zeigen die Flussthäler des Küstengebietes keine submarinen Fortsetzungen gegen die Thäler hin, während umgekehrt gegenüber der hohen Küstenkette zwischen Point Arena und Cap Mendocino vier tiefe Thäler im Ozeane liegen.

[1]) Proceedings of the California Acad. of Sciences [3] 1. No. 2.

9. Quellen und Höhlen.

Die Schwankungen des Grundwasserstandes in Mecklenburg hat Dr. Sass an etwa 140 Brunnen untersucht.[1]) Er kommt auf Grund dessen zu dem Ergebnisse, dass die Grundwasserverteilung in erster Linie nicht durch atmosphärische Niederschläge, sondern durch die geologischen Verhältnisse bedingt ist; den grössten Wasservorrat besitzen die Landstrecken südlich der Endmoräne und zum Teil die der Endmoräne selbst, dagegen findet man im Gebiete der typischen Grundmoräne im Gegenteile häufig Wassermangel. Ferner hat sich gezeigt, dass das Gebiet, welches ganz oder in der Hauptsache von einem See mit Grundwasser gespeist wird, in der Regel keine grosse Ausdehnung besitzt. Schliesslich widerlegt Dr. Sass die oft gemachte Behauptung, dass schneereiche Winter dem Grundwasser besonders viele Zufuhr bringen.

Die nördliche Fortsetzung der Wiener Thermenlinie ist von J. Knett in vieljähriger Bemühung erforscht worden.[2]) Die Ergebnisse seiner Arbeit setzt derselbe wie folgt zusammen:

1. Das inneralpin-karpathische Wiener Becken weist an seiner ganzen Umrandung thermale, solfatarische oder mofettische Äusserungen auf, deren Intensitäten (Wärmegrad, Salz- und Gasgehalt) durch zusitzende Grundwässer zum Teil oder fast gänzlich verwischt erscheinen.

2. Die einzelnen Quellenpunkte können miteinander durch Linien verbunden werden, die den peripherischen Gebirgsbrüchen der dortselbst SW—NO streichenden alpin-karpathischen Kette entsprechen. Von diesen zugleich hydrotektonischen Linien fanden bisher nur zwei geologische Beachtung, und zwar die beiden südlichen, die alpine Wiener Bucht begrenzenden Mineralquellenlinien:

a) Die nordwestliche »Leithagebirgslinie«: Deutsch-Altenburg, Mannersdorf, Brodersdorf, Neudorf-Sauerbrunn;

b) die südliche »Wiener Thermenlinie« (E. Suess): Saibersdorf-Winzendorf, Fischau, Brunn a. Steinfeld, Leobersdorf-Heilsamer Brunn, Vöslau, Baden, Gumpoldskirchen, Mödling, Brunn a. Gebirge, Mauer, Meidling.

Ausser diesen bestehen, wie wir gesehen haben:

c) Eine »nördliche Wiener Thermenlinie«: Wien, Poisdorf, Voitelsbrunn; ihre weitere Fortsetzung bildet die

d) »Marsgebirgslinie«: Voitelsbrunn, Tscheitsch, Buchlau;

e) die »westliche Karpathenlinie«: Buchlau, Petrau, Büdöskö, Stampfen, Deutsch-Altenburg.

---

[1]) Mittl. d. Grosshzgl. Meckl. Geol. Landesanstalt **12.** Geogr. Zeitschr. 1901. p. 162.

[2]) Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt **1901.** No. 10. p. 245.

3. Auch im Innern des alpinen Wiener Beckens finden sich solch bedeutsame Quellpunkte, die, mit den randlich gelegenen verbunden, ein ganzes Netz von Längs-, Quer- und Diagonallinien liefern und uns annähernd ein Bild von der Zerstückelung des liegenden Grundgebirges in mehrere Bruchfelder geben könnten. Eine dieser Quellenlinien bildet ebenfalls quasi eine nördliche Fortsetzung der alten Wiener Thermenlinie; sie wurde oben als Abzweigung von dieser aufgefasst. Ihr Verlauf ist: Wien, Pyrawarth, Hauskirchen—St. Ulrich, Egbell, Petrau.

4. Sowie die Quellen von Brodersdorf und Mannersdorf einer länglichen Scholle zu Tage tretenden alten Gebirges vorgelagert sind, an welcher marin-miocäne Strandsedimente zum Absatze gelangten, ebenso besagen uns die den beiden Leithakalkrücken von Steinabrunn und Zistersdorf nördlich unmittelbar vorgelagerten Schwefelthermen von Voitelsbrunn und Hauskirchen, dass hier Gebirgsstörungen in grössere Tiefe hinabreichen, Dislokationen des Grundgebirges, auf welchen Schwefelwasserstoffexhalationen stattfinden, und Thermalwässer emporsteigen und weiter, dass die eben erwähnten marinen Gebilde gleichfalls auf Grundgebirgshorsten zur Ablagerung gekommen waren, die zur Zeit der mediterranen Überflutung Untiefen gebildet haben mögen.«

Über eigentümliche Quellen und Flüsse bei Orizaba in Mexiko macht Emil Böse interessante Mitteilungen.[1]) Dort finden sich Quellen, welche am Fusse der Berge hervorbrechen und grosse Wassermengen den Flüssen zusenden. Gewöhnlich entspringt aus einer solchen Quelle direkt ein starker Bach. »Solche Quellen«, sagt Verf., »können nur entstehen, wenn sich im Innern der Gebirge grosse Sammelbecken befinden. Das ist hier sicherlich der Fall, denn die Kalkberge enthalten überall grosse Höhlen, in denen sich Wasser sammeln kann. Mit den Höhlen stehen auch wohl merkwürdige Thalbildungen an der Oberfläche in Verbindung; dies sind kesselförmige Vertiefungen ohne Abfluss, von den Mexikanern Hoyas genannt. Diese mögen häufig auf den Einsturz von Höhlen zurückzuführen sein. Durch die erwähnten Quellen werden die Flüsse gespeist, diese kommen deshalb auch nicht hoch aus dem Gebirge, sondern entspringen meistens am Fusse einer Bergkette. Flüsse, die oben im Gebirge entstehen, verschwinden sehr bald in Spalten. Ein ausgezeichnetes Beispiel liefert hierfür der Bach, welcher, von Sierra de Agua herabkommend, die Schlucht Boca del Toro z. Tl. durchfliesst, in zwei ca. $^1/_2$ *m* breiten Löchern im Felsen verschwindet und nach mehrern Kilometern unterirdischen Laufes stark vergrössert in mächtigem Wasserfalle in das Thal hinabstürzt, welches nach Nogales hinausführt. An manchen Stellen des Gebirges hört man

[1]) Zeitschr. der deutschen geolog. Gesellschaft **53.** p. 198.

sogar das Rauschen eines unterirdischen Flusses; ein Anzeichen, welches manchmal zur Entdeckung des hier so viel begehrten Wassers führen könnte. Verf. zweifelt nicht daran, dass in den meisten Thälern solche unterirdischen Wasserläufe vorhanden sind. Sehr häufig kommt es vor, dass ein Fluss plötzlich auftritt und nach einigen Kilometern wieder verschwindet; das ist z. B. der Fall bei Tequila, bei Tzongolica. Der stattliche Rio Altotoco kommt von Süden, verschwindet bei Apochtecatl, fliesst unter einem Bergrücken hindurch, der 500 *m* über die Thalsohle aufragt, und kommt nach 4 *km* langem unterirdischen Laufe auf der Westseite des Berges oberhalb Coyametla wieder zum Vorscheine.

Die bisher erwähnten Quellen und Flüsse existieren das ganze Jahr über; in der Regenzeit fliessen natürlich in manchen Thälern auch oberirdisch Flüsse, die mit dem Eintritte der trockenen Jahreszeit zu existieren aufhören. Verf. führt ein Beispiel dafür an, dass sich in den Felsen vermittelst der zahlreichen Klüfte bei einem starken Regengusse sofort grosse Wassermengen ansammeln können. Bei Atlahuilco, nördlich von Orizaba, ist im Winter und Frühjahre kein Tropfen Wasser zu finden (mit Ausnahme einer weit entfernten Quelle und eines Brunnens), was um so merkwürdiger ist, als der aztekische Name „Wasserloch" bedeutet. Gleich beim ersten Wassergusse der Regenzeit stürzt hier aus einem Felsenloche ein starker Bach hervor. Um dieses Phänomen begreifen zu können, muss man allerdings die Heftigkeit tropischer Regen kennen, welche im stande sind, in der Stadt Orizaba nach wenigen Minuten die zum Teil starkes Gefälle besitzenden Strassen in breite, zu Fusse nicht mehr überschreitbare Bäche von 20—30 *cm* Tiefe zu verwandeln und den grössten Teil der Wege ausserhalb der Stadt unpassierbar zu machen. Da die meisten Flüsse unterirdisch fliessen, so haben sie auch bei weitem keinen so grossen Einfluss auf die orographische Ausgestaltung des Terrains wie in andern Gebirgen.«

Die Höhle „Burgverlies" im mährischen Karst ist von R. Trampler beschrieben worden.[1] Sie liegt beim Dorfe Holstein, $1\frac{1}{2}$ Stunde südöstlich von Sloup. Ihr Eingang befindet sich am Fusse des 26 *m* hohen Burgfelsens in Gestalt einer flach gewölbten, 1.7 *m* hohen, 8.7 *m* breiten Öffnung. Die Höhle gehört zu den kältsten des mährischen Karstes; ihre mittlere Temperatur beträgt im Sommer nur 7.5° C. Der Höhlenboden ist im Anfange eben, nur in der Nähe der Seitenwände ragen aus demselben Kalkblöcke empor, welche, je weiter der Besucher vordringt, desto zahlreicher werden.

Vom Eingange 19.5 *m* entfernt, öffnet sich eine Halle von so grossen Dimensionen, wie man sie selten in den mährischen Karsthöhlen wahrnimmt. Sie ist von W. nach O. 33 *m* lang und halb

[1]) Umlauft, Deutsche Rundschau f. Geographie 1901. **23.** p. 349.

so breit, erscheint aber bei der Kerzenbeleuchtung die nur durch einzelne Lichtstrahlen unterbrochen wird, welche an hellen Sommertagen durch den Eingang in das Innere der Höhle dringen und einen Teil der Halle in Halbdunkel hüllen, mindestens doppelt so gross.

Der Boden der Halle ist mit zahlreichen ungeheuern Kalkblöcken, welche einst von der Decke abgestürzt sind, derart bedeckt, dass es schwer fällt, sich in diesem wilden Chaos zurechtzufinden. Keine andere Höhle des mährischen Karstes weist einen so hohen Blockhügel auf. Die vom Verfasser durchgeführte markscheiderische Aufnahme ergab, dass sich derselbe vom Boden der Seitenhallen 6—7 *m* erhebt; die Halle hatte, bevor die Kalkblöcke abstürzten, die imposante Höhe von 24 *m*.

Ausser der grossen Halle hat das »Burgverlies« noch vier kleine Seitenhallen, aber eigentümlicherweise keine Gänge. In südlicher Richtung, somit gerade gegenüber dem Eingange, liegt die grösste Seitenhalle, die Südhalle. Sie hat eine fast quadratische Form — 10 *m* lang und 12.5 *m* breit — und ist am Beginne 6.5 *m* und am Ende 5 *m* hoch. Sie schliesst mit einer senkrecht abfallenden Felswand ab, in welcher sich fünf Spalten wahrnehmen lassen.

Die Osthalle ist am bequemsten zu erreichen, ist nahezu 10 *m* lang, etwas über 3 *m* breit und 6.5 *m* hoch. Nach rückwärts senkt sich die Decke bis zum Boden herab, verengt sich bis zu 1 *m* und geht hier in eine Spalte über, welche sich ungefähr 3 *m* weit verfolgen lässt. Der Boden ist mit kleinern Kalkblöcken bedeckt, zwischen denen sich Humus befindet, in welchem, wie Spuren beweisen, nach Knochen gegraben worden ist. Die Decke bildet eine Felsspalte, in welche ein langgestreckter Kalkfelsen sich derart herabgesenkt, hat, dass man glaubt, er müsse jeden Augenblick herabstürzen.

Vom Eingange in die Osthalle führt der Weg am Fusse des Blockhügels längs der östlichen Felswand in südlicher Richtung in eine sehr kleine, nur 2.4 *m* hohe Halle von quadratischer Form. Die Halle wird durch eine senkrechte Felswand abgeschlossen, von der sich sowohl rechts als links je eine Spalte in südlicher Richtung fortsetzt. Die rechte (westliche) Spalte muss ans Tageslicht führen, weil sie wie auch zum Teile der Boden der Halle mit Baumblättern bedeckt ist, welche durch das Wasser hineingeschwemmt worden sind; dafür spricht auch der feuchte Humus, mit dem der zur Haupthalle abfallende Boden bedeckt ist.

Zwischen Kalkblöcken führt westlich ein verhältnismässig bequemer Weg 7.3 *m* hinab in die vierte Seitenhalle der Höhle, in die Westhalle. Sie ist 7.4 *m* lang, am Beginne 5.7 *m* breit und 4 *m* hoch. Nach Westen verengt sie sich und erscheint durch einen abfallenden 4 *m* langen Felsen abgeschlossen. Einen schauerlichen Anblick gewährt der Eingang der Halle: drei riesige Kalkblöcke hängen von der Decke so lose herab, dass sie abzustürzen drohen; dass es nicht geschieht, bewirkt der an die südliche Felswand gelehnte Block,

welcher die beiden andern Kolosse stützt. Dass auch diese Halle in eine bis an das Tageslicht führende Spalte verläuft, lassen die regelmässig abgesetzten Tegelschichten erkennen, welche den felsigen Boden allenthalben in einer Mächtigkeit von 6—10 *cm* bedecken. Die Halle muss also zeitweise mit stehendem Wasser, welches durch die Spalte hereinkam, bedeckt gewesen sein, um den Tegel abzulagern.

Da der Boden der Höhle fast durchaus mit Kalkblöcken bedeckt ist, so nehmen die Ablagerungen einen verhältnismässig sehr geringen Raum ein und bestehen zum grössten Teile aus Alluvium; Knochenreste aus der diluvialen Periode kommen in den zugänglichen Schichten nicht vor. Dagegen fanden sich in der Höhle sehr viele Menschenknochen, was begreiflich ist, wenn man weiss, dass sie im Mittelalter als »Burgverlies« diente. Ihr Eingang war, wie Dr. H. Wankel berichtet,[1]) ehemals mit einer 4 *m* dicken Mauer verschlossen, von der auch Dr. M. Kříž noch Überreste fand. Gegenwärtig findet sich nicht die geringste Spur davon weder an der Oberfläche, noch im Boden, wie eine Stollen bewies, den der Verfasser zu diesem Zwecke ausheben liess.

Die Entstehung der Höhle ist nach Trampler die gleiche wie die der andern Höhlen des mährischen Karstes. »Der Brünner Devonkalk streicht von Norden nach Süden und ist in derselben Richtung von zahlreichen Spalten durchsetzt. Ausser diesen, welche man, weil sie in der Streichrichtung des Kalkes liegen, Längenspalten nennen könnte, finden sich auch Spalten, welche in der kreuzenden Richtung, also von Westen nach Osten streichen und Querspalten genannt werden könnten. Sie sind, wie sich von selbst versteht, nicht gleich ausgeweitet und ungleich verteilt. Ihnen verdanken die verschiedenen Karsterscheinungen, vor allem die Thäler, Höhlen und Dolinen zwar nicht allein, aber hauptsächlich ihre Entstehung. Alle Thäler des mährischen Karstes verlaufen von Norden nach Süden, so das Oede- (Punkwa-) und das Holstein-Ostrower Thal, oder von Osten nach Westen, so das Josefsthal und ein Teil des Hadeker Thales. Auch die Mehrzahl der Höhlen erstrecken sich in diesen beiden Hauptrichtungen.

Am häufigsten treten die Karsterscheinungen dort auf, wo die Längen- und Querspalten sich kreuzen. An solchen Punkten bilden sich Schlote, welche zur Höhlenbildung am wesentlichsten beitragen. Ihnen verdanken die hallenartigen Räume in erster Linie ihre Entstehung.

Auch das »Burgverlies« erstreckt sich nach den beiden oben angegebenen Hauptrichtungen. Die Längenaxe der Höhle weicht von der Nordsüdrichtung nur 25° ab, während die Breitenaxe von Osten nach Westen verläuft. Die imposante Halle verdankt ihre Entstehung ebenfalls Schloten. Einer derselben befindet sich fast am Firste der

[1]) Dr. H. Wankel, »Bilder aus der mährischen Schweiz,« p. 219.

Halle, ein zweiter etwas westlich davon. Letzterer soll, wie Dr. H. Wankel berichtet, und wie die Ortsbewohner erzählen, von der Burg aus durch Stufen zugänglich gewesen sein.

Die Ausweitung der Höhle im allgemeinen und der Halle im besondern geschieht durch die erodierende Thätigkeit der meteorischen Gewässer, welche durch Spalten und Schlote in das Innere gelangen und den Kalk allmählich zersetzen. Dieser Zerstörungsprozess ist selbstverständlich desto grösser, je leichter das Wasser Zutritt hat. Da die Plattform des Burgfelsens kaum 5—8 *m* von der Höhlendecke des »Burgverlieses« absteht, so musste die Erosion gerade in dieser Höhle ein leichtes Spiel haben. Ein Block nach dem andern löste sich von der Decke ab, fiel zu Boden und bedekte diesen in einer Höhe von 6—7 *m*. Diese zerstörende Wirkung dauert noch fort, wie man an den losen Kalkblöcken der Ost- und Westhalle wahrnehmen kann.«

Höhlen und Karsterscheinungen in Katalonien. Während der Jahre 1897—1899 hat Abbé Font y Sagué in Katalonien zahlreiche unterirdische Höhlen und unterirdische Flussläufe entdeckt und untersucht, wie sie u. a. im Karst, in den Causses und im Jura vorkommen, aber in Spanien nicht vermutet wurden. Vor allem lieferte die Durchforschung des Kalkmassivs von Garraf, das sich westlich der Llobregatmündung zwischen Barcelona und Villanueva y Geltru an der Küste ausdehnt, wichtige Ergebnisse. Es schliesst eine grosse Zahl natürlicher Brunnen ein, die man dort »Avenchs« nennt (wie in den Causses), welche die Regengüsse aufnehmen, und aus denen die Quellen des Massivs, namentlich die der Falconera und der Armena, gespeist werden. Der Avench del Bruch, der an der Ausmündung 2 *m* Durchmesser hat, geht 90 *m* unter der Erde in einen 18 *m* breiten saalartigen Raum über, aus dem ein neuer Brunnen von etwa 40 *m* Tiefe hinunterführte, und zwar in einen unterirdischen See mit spiegelklarem Wasser. Diesen selbst konnte Font y Sagué nicht weiter untersuchen. Ähnlicher Höhlen und Bildungen wurde noch eine grosse Anzahl aufgedeckt, ebenso auch Gänge mit fliessendem Wasser. Im vergangenen Jahre hat der Abbé seine Forschungen fortgesetzt; mit welchem Erfolge, weiss man noch nicht.[1]

10. Flüsse.

Die Entstehung des Rheinthales oberhalb des Bodensees behandelt Rothpletz.[2] Hiernach sind der heutige Züricher See, der Wallensee und der Bodensee nur die Überreste eines grossen diluvialen Sees, der aus drei Armen bestand, die sich bei Sargans vereinigten. Dieser See ist jetzt zum grössten Teile von mehr als 150 *m*

[1] La Géographie 1901. p. 140; Globus **79.** p. 228.
[2] Schriften des Vereines für Gesch. d. Bodensees Heft 29.

mächtigen Alluvionen bedeckt; er wurde aufgestaut durch eine schwache Verbiegung eines alten Flussthales sehr jugendlichen Alters. Jenes Flussthal war aber nur ein vorübergehendes Entwickelungsstadium eines ältern Rheinthales, das durch tektonische Vorgänge entstanden sein muss. Beweis dafür ist die deutliche Verschiedenartigkeit des Gebirges zu beiden Seiten des Rheines von Chur bis zum Bodensee, verursacht durch eine grosse tektonische Störungslinie, die mit diesem Stücke des Rheinthales zusammenfällt. Auch die merkwürdige Gabelung bei Sargans findet dadurch ihre natürliche Erklärung.

Über die Bildung des Rheindurchbruches zwischen Bingen und Lorch sprach in der deutsch. geolog. Gesellsch. zu Berlin A. Leppla.[1]) Die Tertiärablagerungen des Niederwaldes und vom Ebenthale, nördlich von Rüdesheim, reichen auf der rechtsrheinischen Hochfläche nach Norden bis an den Teufelskädrich heran, indem sie den Bacharacher Kopf und den Hörkopf nördlich umgreifen. Linksrheinisch rücken sie nach Norden ebenfalls weit vor bis an den Franzosenkopf im Binger Walde und sind südwestlich von Trechtingshausen am Wege nach der Höhe zum Gerhardshofe und Jägerhause in etwa 350 *m* Meereshöhe aufgeschlossen. Auch hier zeigt ihre Verbreitung, das einzelne Quarzitzüge inselartig aus ihnen hervorragen. Dieses weite Eindringen in und zwischen die Klippen des Taunusquarzites setzt ihr ehemaliges Vorhandensein in dem nur 1.5 *km* nördlich liegenden äussersten Durchbruche zwischen Teufelskäderich-Jägerhorn einerseits und Franzosenkopf anderseits voraus, und damit ist ihre Verbindung mit den die Hochflächen bedeckenden Tertiärablagerungen nördlich des Taunus gegen Koblenz zu gegeben. Diese Verbindungsstrecke des Tertiärs dürfte die Lücke für den Beginn der eigentlichen Erosion durch den Quarzit gegeben haben. Nur wenig tiefer als die Tertiärablagerungen bei Trechtingshausen tritt am nämlichen Wege in etwa 320 *m* Höhe ein grober Schotter auf, welcher, entgegen den höher gelegenen und ältern Ablagerungen, neben grossen Geröllen von Quarzit und Milchquarz noch fremdes Material enthält, Gesteine, welche aus dem Mainzer Becken und seinen Randgebirgen, wahrscheinlich aus dem Nahegebiete stammen. Hier liegt also ein fluviatiler Absatz aus dem engen Durchbruchsthale vor. Weniger deutlich, und nur in ihrer Form erkennbar, ist eine tiefere Terrassenablagerung in der Höhe des Schweizerhauses, westlich von der Burg Rheinstein, Leider lässt die dichte Bewaldung und Schuttbedeckung hier einen genauen Einblick nicht zu.

Die Frage, ob der Rheindurchbruch Erosions- oder Spaltenthal sei, lässt sich also wohl zu Gunsten der erstern Erklärung entscheiden. Die Aufnahmen haben Spalten, d. h. Querverwerfungen im Durch-

[1]) Zeitschrift d. deutsch. geolog. Ges. in Berlin **52.** Sitzber. p. 79.

bruche in teilweiser Übereinstimmung mit A. Rothpletz ergeben, aber ihr Verlauf kann nur auf kurze Strecken die Erosion geleitet oder begünstigt haben. Die Ausnagung des Rheines ging in erster Linie von dem bereits zur Tertiärzeit vorhandenen Durchbruche in etwa 350 *m* Meereshöhe aus und setzte sich dann terrassenförmig bis zum heutigen Laufe fort, in engster Anlehnung an das terrassenförmige Einschneiden der Mosel.

Auf eine Bemerkung von O. Böttger, dass das Tertiär des Mainzer Beckens nicht mit demjenigen des Neuwieder Beckens in Verbindung gewesen sein kann, erwiderte Leppla, dass die von ihm und allen andern rheinischen Geologen als Tertiär betrachteten Ablagerungen jene ihrem genauen Alter nach unbestimmten Schichten von weissem Sande, Thonen und Milchquarzkiesen seien, welche in grosser Verbreitung sowohl im Nahegebiete als auch zu beiden Seiten der Mosel und des Rheines auf Hochflächen auftreten; von Rheinach erwähnt, dass im Lorsbacher Thale ganz ähnliche Verhältnisse, wie die von Leppla geschilderten, vorlägen. Die Thäler seien dort reine Erosionsthäler. Er habe bei Niederhausen Verhältnisse gefunden, die bewiesen, dass das Thal veranlasst sei durch ein früheres Tertiärthal, und meint, dass die Verbindung nach dem Limburger Becken hier gelegen habe. Doch sind noch keine Versteinerungen gefunden worden.

Das Maingebiet. Unter den zahlreichen Nebenflüssen des Rheines nimmt der Main, nicht sowohl als grösster rechtsseitiger Nebenfluss als vielmehr wegen seiner durch mässiges Gefälle, Wasserfülle und Stetigkeit der Wasserführung bedingten Bedeutung für das rheinische Stromsystem eine hervorragende Stellung ein. Eine Untersuchung des Einzugsgebietes des Mains, sowie der Niederschläge und des Abflusses in demselben, hat Dr. M. von Tein ausgeführt,[1]) und zwar hauptsächlich zum Zwecke, das Auftreten und den Verlauf der Hochwasserschwellen des Rheines genauer zu erkennen und die Unterlagen für Hochwasservoraussagen zu schaffen. Das Gesamtgebiet des Mains umfasst 27 206,41 *qkm*, wovon 9676 *qkm* mit Wald bedeckt sind. An der Regnitzmündung führt der Main bei niedrigem Wasserstande gegen 30 *cbm*, bei mittlerem 70—80, bei hohem, dem ausufrigen nahen Wasserstande 500—600 *cbm* in der Sekunde ab; nahe der Taubermündung sind die Wassermengen beziehungsweise 50, 120—130 und 850—900 *cbm*. In der Mainsenke unweit Frankfurt finden sich annähernd die gleichen Verhältnisse.

Die grössten Abflussmengen zeigen sich im Winter und Frühling, namentlich im März, die kleinsten im Sommer und den ersten Herbstmonaten. Das Hochwasser von 1888 war in Bezug auf Abfluss-

[1]) Ergebnisse der Untersuchung des Hochwasserverhältnisses im deutschen Rheingebiete. VI. Heft. Berlin 1901.

Menge die bedeutendste Erscheinung der neuesten Zeit; der niedrigste mainstand fand im Sommer 1893 statt. Niederschlag und Abfluss gehen nicht parallel; das Höchstmass des Niederschlages im Maingebiete fällt auf den Juli in die Zeit des geringsten Abflusses, der stärkste Abfluss in den März, wenn die Niederschläge weit unter dem Betrage derselben im Juli liegen. Im Maingebiete oberhalb Miltenberg kamen 1886—1897 im Juli 13%, im März 64%, im Jahresdurchschnitte 29% des Niederschlages zum Abflusse. Die grössten Mainanschwellungen entstehen durch Überregenung des Gebietes bei gleichzeitigem Schneeabgange im Januar, Februar und März, wenn die Wasseraufnahme durch den Boden nicht bedeutend, die Verdunstung gering und der Verbrauch durch Pflanzen Null ist. Starke Überregenung ohne Schneegang bewirkt im Main nicht leicht bedeutende Anschwellung, daher sommerliche Hochwasser eine Seltenheit sind.

Die Beeinflussung der Wasserführung der Flüsse durch die Pflanzendecken. Hierüber hat Dr. E. Wollny eine interessante Studie veröffentlicht, die ihn zu folgenden Ergebnissen führt:[1])

1. Von den mit Pflanzen bedeckten Flächen enthalten die Wasserläufe insgesamt eine geringere Wassermenge zugeführt, als von kahlen oder mit einer schwachen Vegetationsdecke versehenen unter sonst gleichen Verhältnissen. Die Ursache hiervon ist darin zu suchen, dass der Boden unter den Gewächsen das Vermögen besitzt, grössere Quantitäten von Wasser aufzuspeichern, und dass derselbe durch die ausserordentlich starke Transpiration der Pflanzen während der Vegetationszeit bedeutend mehr Wasser verliert als der kahle.

2. Die lebenden Pflanzen verzögern sowohl die ober- als auch unterirdische Wasserableitung in mehr oder minderem Grade, weil dieselben mit ihren ober- und unterirdischen Organen dem auffallenden und absickernden Wasser entsprechende Hindernisse entgegensetzen, im Vergleiche zu dem nackten Lande, in welchem wegen Fehlens der Wurzeln die Geschwindigkeit der abgeführten Wassermassen eine ungleich grössere ist. Die Vegetation hat sonach die Bedeutung, dass dieselbe eine gleichmässigere Zufuhr des Wassers zu den Flüssen bedingt.

3. Die Abschwemmung von Erde oder Gesteinsschutt auf abhängigem Terrain wird durch die verschiedenen Pflanzenformen in einem meist ausserordentlichen Grade herabgedrückt, hauptsächlich aus dem Grunde, weil dieselben vermöge ihres Wurzelgeflechtes die Bodenelemente zu einer zusammenhängenden, den mechanischen Einwirkungen des Wassers gegenüber widerstandsfähigern Masse vereinigen und ausserdem den Wasserablauf verlangsamen. Deshalb werden vom bepflanzten Boden beträchtlich geringere Mengen von

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 1878.

Erde und Schutt abgeführt, als vom kahlen oder mit einer ärmlichen Vegetationsdecke versehenen.

In vollkommenster Weise wirken die Pflanzendecken, mit Ausschluss der aus Ackergewächsen bestehenden, zweifellos auf die Geschiebeführung der Flüsse und erweisen sich hierdurch weit nützlicher, besonders hinsichtlich der Hochwasserstände, als infolge des Einflusses, welchen sie auf die Menge und die Geschwindigkeit des zugeführten Wassers ausüben. Es wird daher gesagt werden können, dass die in den oben angeführten drei Punkten näher präzisierten Erscheinungen für das Régime der Wasserläufe einen verschiedenen Wert besitzen, in spezie: dass im allgemeinen die durch die Pflanzendecken hervorgerufenen Abänderungen sich in geringstem Grade auf die Menge des abgeleiteten Wassers, in höherem Masse auf die Geschwindigkeit des letztern und am vollkommensten auf die mit dem Wasser fortgeführten Erd- und Gesteinsmassen erstrecken. Über die unter bestimmten lokalen Verhältnissen in Betracht zu ziehenden Beurteilungsmomente geben die detaillierten Darlegungen über die jeweils mitwirkenden Nebenumstände in obiger Abhandlung nähere Auskunft.

Für die in praktischer Hinsicht zu ergreifenden Massnahmen ergeben sich aus dem vorliegenden Materiale verschiedene wichtige Anhaltspunkte. In der Ebene tritt die Bedeutung der Pflanzendecken auf die Wasserführung der Flüsse wesentlich zurück, weil die Möglichkeit einer Beeinflussung der Wasserabfuhr und der Abschwemmung von Erde in den meisten Fällen unter derartigen Umständen nicht gegeben ist. Nur dort, wo der Boden eine grössere Durchlässigkeit besitzt, das Grundwasser infolgedessen leicht eine seitliche Bewegung erfährt, und gleichzeitig der Wasserspiegel in dem Flussbette so tief gelegen ist, dass dadurch ein Abfluss des Wassers aus den anliegenden Ländereien erfolgen kann, werden die Pflanzenkulturen sich von nützlicher Wirkung erweisen, soweit es sich um die Versorgung des Flusses mit Wasser handelt. Ein Einfluss auf die Fortführung von erdigen Bestandteilen ist hier ausgeschlossen. Ein solcher tritt erst in dem Masse hervor, als die Flächen stärker geneigt sind, und da in diesem Falle auch die Wirkung der Pflanzendecken auf die Bewegung des abgeführten Wassers in erheblicherem Grade sich geltend macht, so wird vornehmlich nur an Hängen der Vegetation eine bedeutungsvolle Rolle in Bezug auf die Wasserführung der Flüsse beizumessen sein. Unter den verschiedenen Kulturen verdient hier der Wald die höchste Beachtung, demnächst der aus perennierenden Gewächsen (Gras) zusammengesetzte Pflanzenbestand, während die Ackerkulturen in Rücksicht auf die mit denselben verknüpften Abschwemmungen am zweckmässigsten in stärker geneigten Lagen aufgelassen und mittels Aufforstungen oder Anlage von Wiesen und Weiden ersetzt werden. Auf Grund derartiger Erwägungen gelangt man zu dem Schlusse, dass die Erhaltung und

Schonung der aus perennierenden Gewächsen bestehenden Pflanzendecken, vor allem des Waldes, im Quellengebiete der Flüsse zu denjenigen Mitteln gehört, welche geeignet sind, dem bezüglich der Bodenkultur wünschenswerten Ausgleiche des zeitlich und örtlich auftretenden Mangels oder Überflusses von Wasser Vorschub zu leisten.

11. Seen und Moore.

Die Wärmeschwankungen der Seen. Gleichzeitige Thermometrische Messungen, welche auf O. Petterssens Anregung in nordeuropäischen Seen veranstaltet wurden, während P. A. Forel solche im Genfer See ausführte, haben letztern zu einigen interessanten Ergebnissen geführt.[1]) Er erhielt pro Quadratdezimeter Oberfläche und Tag in Kalorien als Wärmegewinn vom Winter zum Sommer des Jahres 1900 die nachstehenden Werte:

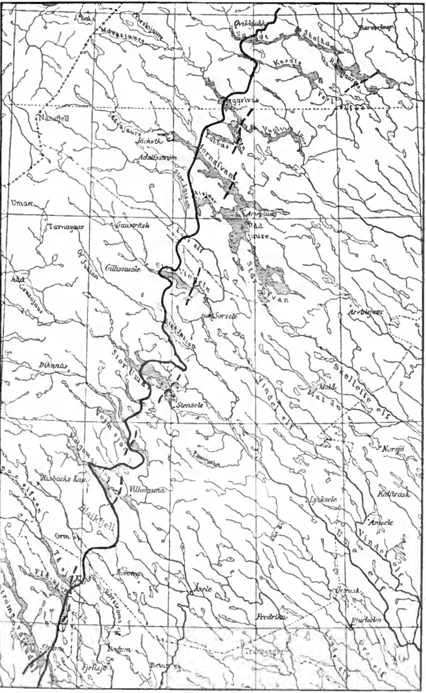
See	Breite	Zeitperiode	Wärmegewinn
Genfer See . .	46° 21′ N.	12. März bis 16. Aug.	19 Kal.
Loch Katrine .	56° 15′	10. » » 29. Juli	29 »
Mjösen . . .	60° 22′	18. April » 10. Sept.	34 »
Ladoga 7 . .	61° 22′	25. » » 29. Juli	55 »
Ladoga 8 . .	61° 24′	24. » » 29. »	62 »
Enare . . .	69° 3′	10. März » 6. Aug.	68 »

Diese Zahlen lehren, dass die Amplitude der jährlichen Wärmeschwankung eine Funktion der Breite ist, ein Gesetz, das auch wie folgt ausgesprochen werden könnte: »Die jährliche Wärmeschwankung ist Null am Äquator und am grössten am Pole«. Wahrscheinlich ist es ebenso gut anwendbar auf die Temperatur des Bodens und der Luft, wie auf die Wassertemperatur.

Weiter ergiebt sich, dass während im Genfer See die jährliche Wärmeschwankung die obere Wasserschicht nur bis zur Tiefe von 100 — 120 *m* betrifft, sie in den nördlichern Seen tiefer steigt, bis auf mehr als 150 *m* im Loch Katrine (Schottland), bis über 200 *m* im Mjösen (Norwegen) und im Ladoga von Finnland und Russland. Es scheint also, dass die Tiefe, bis zu welcher die Wärme eindringt, gleichfalls wächst als Funktion der Breite; doch bedarf diese Folgerung noch der Bestätigung durch neue Beobachtungen.

Diese Gesetzmässigkeiten, welche aus dem Studium der Wärme in den Süsswasserseen sich leicht ergeben haben, zeigen sich nicht in den Wärmemessungen, welche gleichzeitig in der Ostsee oder im Schwarzen Meere ausgeführt wurden. Anscheinend ist es von Vorteil, derartige Untersuchungen in Süsswasserbehältern auszuführen als im offenen Meere. Denn die Seen sind geschlossene und isolierte Becken, während im Meere Oberflächen- und Tiefenströmungen Wärme-

[1]) Compt. rend. 1900. 132. p. 1089.



Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Jahrbuch XII, 1901.
Tafel III.

Übersichtskarte über die nordschwedische Seenkettenregion.

Die von K. Ahlenius untersuchten Seen sind durch Schraffierung bezeichnet. Die Grenze zwischen Grundgebirge und Hochgebirgsformationen (Algonkisch-Silurisch) wird durch die ganz gezogene Linie, die Grenze zwischen Tief- und Seichtwasser durch die quer über die Seenbecken gezogenen Linien markiert. (Massstab 1 : 2000000.)

austausch und Mischungen veranlassen, welche die Einfachheit und Regelmässigkeit der Thatsachen stören. Ferner haben die Süsswasserseen gleichmässige chemische Zusammensetzung und daher auch gleichmässige Dichte, die Schichtung ist in ihnen eine gleichmässige.

Seenforschung in Pommern. Über die Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Durchforschung der pommerschen Seen hat Dr. W. Halbfass eine zusammenfassende Darstellung gegeben.[1])

Es wurden im ganzen 150 Seen ausgelotet, von weitern 22 bereits von Prof. Keilback und seinen Gehilfen ausgeloteten Seen und von 107 andern Seen morphometrisch und geographisch wichtige Angaben zusammengestellt. Diese 279 Seen bedecken zusammen 504 *qkm* (= 70 %, aller Pommerschen Seen), beschränken sich aber auf den Bezirk Köslin und die östliche Hälfte des Bezirkes Stettin. Der Zahl nach sind am seenreichsten die Kreise Neu-Stettin, Dramburg und Bütow, der Fläche nach Neu-Stettin, Stolp, Dramburg und Köslin.

Die Strandseen bedecken ungefähr 174 *qkm*, die der Drage tributären 68 *qkm*, zur Küddov gehören 66 *qkm*, zur Plöne 40 *qkm*; die abflusslosen Seen nehmen 44 *qkm* ein, 0,7 % wässern nach zwei Strömen, nämlich zur Rega und zur Drage ab. Der Zahl nach umfassen die Höhenstufen von 130—150 *m* die meisten Seen, nämlich 23 %, dem Flächeninhalte nach dagegen die tiefstgelegene Stufe von 0—1 *m*, 35 %. Während die Seen dieser Stufe durchschnittlich 1760 *ha* gross sind, sind sie in der Stufe 140—150 *m* nur 93 *ha*, in der höchsten Stufe 190—200 *m* nur 15 *ha* gross. Der höchst gelegene der untersuchten Seen ist der Pyaschen-See mit 198 *m* Meereshöhe, doch giebt es in der Nähe des Dorfes Breitenberg mehrere Seen über 200 *m* Höhe. Grösser als 10 *qkm* sind: der Leba-See, Madü-See, Garder-See, Jamunder-See, Dratzig-See, Vilm-See, Buckow-See und Gr. Lübbe-See. Mehr als 40 *m* tief sind: Dratzig-See (83 *m*), Gr. Pielburger See, Zetzin-See, Lübbe-See, Madü-See, Enzig-See und Gr. Papenzien-See; nur der Dratzig-See und der Madü-See erreichen eine mittlere Tiefe von 20 *m*. Mehr als 100 Millionen cbm Wasser fassen der Madü-See, Dratzig-See, Lübbe-See, Leba-See, Pielburger See, Zetzin-See und Wotschwin-See. Der mittlere Böschungswinkel geht nur bei einer Reihe kleiner Seen über 10° hinaus, bei 70 % erreicht er noch nicht 5°; 15 % aller untersuchten Seen enthalten Inseln, die beim Gr. Lubow-See $^1/_5$ des Areales ausmachen. Der Vilm-See ist der absolut inselreichste (127 *ha*).

Über die glaziale Entstehungsursache der behandelten Seen, wenn man von den Strandseen absieht, besteht im allgemeinen kein Zweifel mehr; im einzelnen gehen dagegen die Meinungen noch ziemlich weit auseinander. Während Wahnschaffe die baltischen Seen in Grundmoränenseen, Stauseen, Rinnenseen, Erosionsseen, Faltenseen, Eiserosionsseen und Einsturzseen einteilt, kennt Keilhack nur die drei zuerst genannten Formen. Auf Grund seiner Lotungsarbeiten und zugleich mit Rücksicht auf die Oberflächenformen des die Seen umgebenden Landes möchte W. Halbfass davor warnen, jeden einzelnen See in eine bestimmte Kategorie hineinzupressen; vielmehr scheint ihm ein sehr grosser Teil der Seen gemischten Ursprunges und zu ganz verschiedenen Zeiten entstanden zu sein. Unter den treibenden Ursachen, welche den grössten Teil der baltischen Seen geschaffen haben, legt er Gewicht 1) auf die Aufschüttungsmassen der sich zu verschiedenen Zeiten teils schneller, teils langsamer zurückziehenden

[1]) Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin 1901. p. 232.

Gletscher, 2) auf die Erosionsfähigkeit der den schmelzenden Gletschern subglazial entströmenden Wassermassen uud 3) auf den Umstand, dass durch zeitlich verschiedene Wirkungen der Zustand der Seebecken häufig Änderungen erlitt. Er erläutert dies durch das Beispiel des Dratzig-Sees. Die in zwei Rinnen aus dem baltischen Gletscber entströmenden Wassermassen, die jetzige Kalenberger und die Charlottenhofer Bucht, fanden eine verhältnismässig flache, nach Süden zu ansteigende Ebene vor, die sie zunächst ausfüllten und dadurch einen Stausee von gleichmässiger Tiefe erzeugten. Nun trafen die Gewässer das Gebiet der Grundmoränenlandschaft mit zahlreichen Diluvialbügeln, welche von der Erosion des Eises noch nicht völlig überwältigt waren; sie wurden dadurch gezwungen, durch verhältnismässig enge Kanäle mit grosser Gewalt abzufliessen, und höhlten dadurch jene merkwürdigen kesselartigen Vertiefungen aus, denen wir in den Pommerschen Seen so bäufig begegnen. Zu einer Zeit, da der Wasserstand der Grundmoränenseen noch erheblich höher war, besassen dieselben in der Mebrzahl noch Abflüsse, welche, je nach ihrer Mächtigkeit, im Sandgebiete sanftere oder energischere Erosionsfurchen gruben und so jene Rinnenseen bildeten, die weiter im Osten sehr zahlreich, in Pommern jedoch nur mässig häufig vertreten sind. So erhellt, dass ein einziger See, wie z. B. der Dratzig-See, Zetziu-See, Enzig-See, Gr. Lübbe-See, Wotschwin-See nicht einen Typus verkörpern, sondern eine ganze Reihe von Typen. Jene Rinnen finden ihr natürliches Ende meist dadurch, dass die fortgerissenen Sandmassen dort liegen blieben, wo die Neigung des Terrains gleich Null wurde, in sehr vielen Fällen jedoch auch dadurch, dass sich bei einer Veränderung im Zustande des Gletschers eine andere Rinne quer oder schräg vor die erste legte, sie dadurch teilweise zudämmte oder wenigstens Aufschüttungen im See selbst hervorbrachte, welche die ursprüngliche Rinne in mehrere Teilrinnen zerlegte. Durch Verlegung solcher Erosionsfurchen bildeten sich häufig erst die heutigen Grundmoränenseen.

Es ist daher der Satz Keilbacks, dass die Rinnenseen einfache Mulden darstellen, in denen der tiefste Punkt zumeist in der Mitte liegt, in dieser Allgemeinheit ausgesprochen, keineswegs richtig. Allerdings giebt es auch von dieser Form in Pommern Beispiele. Von den Rinnenseen im allgemeinen möchte Halbfass einen besondern Typus ausscheiden und Flussseen nennen; darunter versteht er im Gegensatze zu den eigentlichen Dolgen-Seen mit schmaler Sohle und flacher Böschung mässig breite Seen mit grosser, ebener Sohle und steil abfallenden kurzen Rändern, die wesentlich ein verbreitertes Flussbett darstellen. Sie sind repräsentiert z. B. durch den Reppow-See, Prössin-See, Altenwalder Dolgen-See, Gr. Damen-See, Wangerin-See, Plöne-See.

Was die Grundmoränenseen angeht, so teilt er Ules Ansicht, dass die Oberflächengestalt unterhalb des Seespiegels vollständig derjenigen oberhalb desselben entspricht, so dass ein Steigen oder Sinken des Wasserspiegels den Cbarakter der Landschaft nicht zu verändern im stande sei, nicht; es geht vielmehr aus den Tiefenkarten, z. B. des Dratzig-Sees, Zetzin-Sees, Gr. Lübbe-Sees die grosse Verschiedenheit des Terrains im See und auf dem Lande sebr deutlich hervor, dasselbe ist bei der Umgebung vieler rinnenartigen Seen der Fall. Halbfass neigt der Ansicht zu, dass bei der Bildung und durch die Bildung der Seen, infolge des ungleich verteilten Aufschüttungsmateriales die Oberfläche des unter Wasser gesetzten Landes ganz erhebliche Änderungen erfuhr im Gegensatze zu denjenigen Gegenden, die festes Land blieben, was schon daraus hervorgeht, dass der Geschiebemergel unter Wasser weit seltener vorkommt als oberhalb und meist von einer mebr oder weniger dicken Sandschicht abgelöst wird. Die Zahl der Grundmoränenseen im weitern Sinne ist in Pommern sehr gross, am deutlichsten wird dieser Typus vielleicht ver-

treten durch den Gr. Kämmerer-See. Auch Stauseen finden sich ziemlich häufig, meist sind sie recht flach, z. B. der Vilm-See, Sommin-See, Rosenfelder See, Borner See, doch erreichen sie auch zuweilen, wie im Vilm-See, Rummelsburger Stüdnitz-See, Dratzig-See, Hinter-See, eine Tiefe von einigen 20 *m*. Die fast in allen Seentypen vorkommenden lochartigen Vertiefungen möchte Halbfass der ausstrudelnden Wirkung der Wasserströme zuweisen, also der Evorsion im Sinne von Geinitz. Als besonders hervorragende Beispiele führt er an die Evorsionen im Dratzig-See, Zetzin-See, Babrow-See, Wucker-See. Düp-See, Düpen-See, Glambeck-See, Gr. Lubow-See, Dampen-See, Henkenhagener Mühlen-See und Fünf-See I und II. Bei den letzten beiden, die der Wurzel des ehemals vergletscherten Hauptkammes sehr nahe liegen, ist er im Zweifel, ob man nicht die lochartigen Vertiefungen in ihnen direkt der Gletscher-Erosion zuschreiben, sie also auf gleiche Stufe z. B. mit dem Feldberg-See im Schwarzwalde und den beiden Teichen im Riesengebirge stellen soll.

Die Temperaturmessungen ergaben, dass eine völlig gleichmässige Abkühlung eines Wasserbeckens auf + 4° C. möglich ist, was Richter in seinen „Seestudien" bestritten hatte; denn der Dratzig-See zeigte am 1. Januar 1901 bei einer Lufttemperatur von — 7,5° von 0 bis 77 *m* Tiefe + 4°. Im übrigen sind die Wintertemperaturen in flachen Seen, je nach der absoluten Tiefe der gemessenen Stelle, in derselben Tiefe erheblich voneinander verschieden; dasselbe ist mit der Temperatur tieferer Schichten in den Herbstmonaten der Fall. Tiefe Seen nehmen im Herbste bedeutend höhere Temperaturen in tiefern Schichten an, als der Bodentemperatur entspricht; man kann daher aus blossen Temperaturmessungen keinen Schluss ziehen, ob die betreffenden Seen durch Grundwasser gespeist werden. Die Diathermanität sehr klaren Wassers konnte einmal im Gr. Kremmin-See bei Falkenburg deutlich beobachtet werden; der Düpen-See und der Babrow-See zeigten im Hochsommer poikilothermes Verhalten; die intensivste Sprungschicht wurde im Prinzessin-Teich beobachtet, hier nahm die Temperatur von 1 auf 2 *m* um 7° ab.

Von den Binnenseen hat der Madü-See erheblich weniger Frosttage als die übrigen, der Jamunder See friert länger zu als der Leba-See, trotzdem er weiter westlich liegt. Im Winter 1899—1900 hatten die Strandseen, im folgenden Winter die tiefern Binnenseen eine längere Eisbedeckung. Die Windverhältnisse spielen dabei eine entscheidende Rolle. Offene Stellen sonst zugefrorener Seen entstehen an solchen Punkten, wo durch zu geringen Windschutz die wärmern Schichten unterhalb der Oberfläche sich ungehindert mit der Oberflächenschicht vermischen können.

Die Durchsichtigkeit wird in erster Linie durch die Menge des Plankton, in Sonderheit des Phytoplanktons, der obersten Schichten bedingt; sehr zahlreiche Untersuchungen stellten dies Resultat als unzweifelhaft hin, die Temperatur, Tiefe, chemische Beschaffenheit des Wassers und des Bodens wirken nur sekundär. Von den drei atmosphärischen Faktoren: Bewölkung, Wind und Regen, ist der Wind der stärkste, die Bewölkung der geringste. Die grösste beobachtete Durchsichtigkeit ist die des Madü-Sees im Februar 1900 mit 9 *m* und des Calenzig-Sees im Juni 1900 mit 9,1 *m* gewesen; im Glambeck-See war am 1. Juni und im Gr. Kremmin-See am 31. Oktober die Scheibe in je 8 *m* Tiefe noch sichtbar. Die eigentümliche Erscheinung der *taches d'huile* beruht auf Interferenz der Wellen, die infolge kleiner Differenzen im spezifischen Gewichte des Wassers entstehen. Diese Differenzen werden wieder durch geringe thermische Unterschiede infolge wechselnder Beschattung und direkter Besonnung verursacht.

Der Salzgehalt geht in Binnenseen nicht über 10 Teile auf 100000 Teile hinaus, beträgt aber meist 3—5 Teile, neben örtlichen Schwankungen

mit zunehmender und abnehmender Tiefe sind anch Jahresschwankungen sehr deutlich bemerkbar.

Die absolute Härte steigt in den meisten Fällen mit der Tiefe; die Durchflutung mit Flusswasser spielt keine Rolle, ebensowenig die thermischen Unterschiede, wohl aber die Wirkung des Phytoplanktons. Durch Reduzierung der Kohlensäure werden die als Bikarbonate im Wasser vorhandenen gelösten Calcium- und Magnesiumsalze niedergeschlagen und von dem Tiefenwasser gebunden, weil das dort vorhandene organische Leben Sauerstoff absorbiert.

Die Oxydierbarkeit des Wassers nnterliegt örtlich wie zeitlich sehr grossen und sehr starken Schwankungen; im Herbste ist sie in tiefern Seen erheblich grösser als in flachen.

Überreicberung von Sauerstoff wurde nur selten angetroffen im Gegensatze zu dem boben Sauerstoffgehalte mancher Dorfteiche nnd Schmutzwässer, die sich also in dieser Beziehung von eigentlichen Seen ganz wesentlich unterscheiden. Der Einfluss der Scbneedecke einerseits, des direkten Sonnen- und Mondlichtes anderseits unter Eis war ganz deutlich zu merken. Übernormaler Gehalt von Sauerstoff wurde fast nur in ganz seichten und sehr planktonreichen Seen beobachtet."

Periodische Spiegelschwankungen des Starnberger Sees sind von H. Ebert nachgewiesen worden[1]) auf Grund der Registrierungen eines vom 7. Juli bis 10. September 1900 am Nordostufer des Sees aufgestellten Sarasinschen Limnimeters. Aus den Kurven desselben schliesst Verfasser folgendes:

1. Das Seichesphänomen ist am Starnberger See in unzweifelhafter Weise und in durchaus typischer Form ausgeprägt.

2. Die Schwingungen, welche die gesamte Wassermasse fast ununterbrochen ausführt, sind reine, d. h. einem Sinusgesetze folgende, harmonische Pendelschwingungen, und zwar stehende Schwingungen im Sinne der Forelschen Theorie.

3. Vorhanden ist zunächst eine Haupt- oder Grundschwingung von rund 25 Minuten voller Periodendauer (Hin- und Hergang), Es ist die Längsschwingung des ganzen Sees; sie ist einknotig, uninodal, und erzeugt immer entgegengesetzte Schwingungsphasen an den beiden Seeenden. Die Knotenlinie dürfte etwa bei Tutzing quer über den See laufen.

4. Die aus dem Längsprofile mit Zugrundelegung der Merianschen Formel berechnete Schwingungsdauer (24 Minuten) stimmt so genau mit der wirklich gefundenen (Mittel aus 946 Messungen 24,98 Minuten) überein, dass die Forelsche Theorie durch die vorstehende Untersuchung eine neue Bestätigung erhält.

5. Das »Rinnen« des Starnberger Sees, welches sich besonders durch eine auffallend starke Unterströmung in beiden Richtungen geltend macht, scheint mit dem grossen Deplacement erheblicher Wassermassen bei der Seichesbewegung im engsten Zusammenhange zu stehen.

---

[1]) Sitznngsbericbte d. Münchner Akad. d. Wiss. 1900. p. 435.

6. Ausser der Grundschwingung ist noch eine Oberschwingung von etwas weniger als $^2/_3$ Schwingungsdauer der Grundschwingung vorhanden; die genaue Periodendauer beträgt $15^3/_4$ Minuten. Das Intervall beider Schwingungen ist demnach kein einfaches harmonisches, sondern liegt zwischen Quinte und Sext.

7. Bei beiden Schwingungen ist die Schwingungsdauer unabhängig von der Amplitude; das Gesetz des Isochronismus der Pendelschwingungen gilt also auch hier.

8. Beide Schwingungssysteme machen sich meist gleichzeitig geltend, freilich mit sehr wechselnden Amplitudenverhältnissen und den mannigfachsten Phasenverschiebungen. Es entstehen »dikrote Schwingungen« der verschiedensten Art. Sie sind aber immer in ihre beiden Komponenten auflösbar und zeigen dann, dass das Prinzip der Koexistenz elementarer Schwingungsbewegungen auch noch bei der Interferenz dieser 39, bezw. 25 *km* grossen Wellenlängen gilt.

9. Von meteorologischen Einflüssen, welche unmittelbar kräftige Seichesschwingungen erregen können, sind bisher besonders plötzlich eintretende Luftdruckänderungen (z. B. Gewitternasen) hervorgetreten.

Der Würmsee (Starnberger See) in Oberbayern ist von Prof. W. Ule seit 1893 alljährlich besucht und bezüglich seiner allgemein-geographischen Verhältnisse studiert worden. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen liegen nun in einer grössern Monographie vor.[1]) Aus derselben können hier nur die Hauptergebnisse und die von Prof. Ule selbst gegebene Zusammenstellung Platz finden:

»Der Würmsee oder Starenberger See liegt auf der oberbayerischen Hochebene innerhalb der Moränenlandschaft der letzten diluvialen Vergletscherung. Er bildet die tiefste Senke eines vielgestaltigen Geländes, das östlich des Sees steil, westlich allmählich in Terrassen aufsteigt. Sein Zuflussgebiet ist sehr klein, es umfasst nur 240 *qkm*. Der Abfluss erfolgt durch die Würm, die etwa 50% des im Seegebiete fallenden Niederschlages abführt.

Im Südwesten des Sees, westlich von Seehaupt, liegt eine echte Drumlinslandschaft.

Das Seebecken stellt sich nach den neuen Lotungen im südlichen Teile als eine breite Mulde mit sanften Gehängen, im nördlichen dagegen als eine tiefe Rinne dar, deren Gehänge nach Osten bis zum Seespiegel steil ansteigen, nach Westen sich terrassenförmig erheben. Hierin zeigt sich eine vollkommene Übereinstimmung in dem Relief des Bodens unterhalb und oberhalb des Wassers. Das Becken selbst besitzt einen deutlichen Schweb. Die flache Litoralzone ist meist sehr schmal, eine echte Wysse im allgemeinen nur am Ostufer vorhanden.

[1]) Wissenschaftl. Veröffentlicbgn. d. Vereins f. Erdkunde zu Leipzig. Der Würmsee, eine limnologische Studie v. Willi Ule. Mit Atlas. Leipzig 1901.

Der See misst nach den amtlichen Angaben 57.3, nach planimetrischer Vermessung der Positionsblätter 57.1 *qkm*. Seine Umrisslinie zeigt eine sehr geringe Gliederung. Der Umfang beträgt rund 49.5 *km* und ist 1.87 mal grösser als der kleinstmögliche.

Die Meereshöhe des mittlern Wasserspiegels ist 584 *m*, die des tiefsten Grundes 461 *m*. Die Maximaltiefe ergiebt sich demnach zu 123 *m*. Die mittlere Tiefe wurde zu 54 *m*, der Inhalt des Beckens zu 3100 Mill. *cbm*, die mittlere Böschung zu 3° 40′ berechnet.

Die obersten Ablagerungen in der Seeumgebung gehören fast durchweg dem Diluvium an, das Becken selbst aber ist vermutlich ganz in den tertiären Flinz eingebettet. Auf diesem lagert der Deckenschotter, der auf der Ostseite bis zu einer Höhe von 50 *m* aufragt. Die Senken im Deckenschotter sind meist mit Schottern der spätern Eiszeiten ausgefüllt. Über alle diese Ablagerungen hinweg ist als oberste Decke die Moräne der letzten Vergletscherung ausgebreitet. Sie bedingt die eigentümlichen Bodenformen im See wie in der Seeumgebung. Die Gesteinsschichten scheinen nicht mehr in völlig ungestörter Lage sich zu befinden. Ihr gegenwärtiges geringes Ansteigen nach den Alpen hin, die grosse Senke vor dem Gebirge selbst und die mehrfach vorhandenen toten Flussthäler, sowie die offenbar postglaziale Ablenkung der Fussläufe deuten auf eine späte Krustenbewegung im Gebiete der Alpen und ihres Vorlandes.

Seit dem Rückzuge des Gletschers hat das Gelände nur noch geringe Änderungen erfahren. Das Becken selbst ist jedoch noch während und nach der letzten Eiszeit umgestaltet worden, vor allem wurde das obere und untere Ende noch mit Schottern und Moränenschutt ausgefüllt.

Der Seegrund wird in der Tiefe überall von einem thonigmergeligen Sehlicke gebildet, der in reichen Mengen Seeerz enthält. In der Litoralgrenze bedecken meist Gerölle den Boden, unter denen sich von Mückenlarven erzeugte Furchensteine finden.

Aus den morphologischen und geologischen Verhältnissen ergiebt sich folgende Entstehung des Sees: Der See ist eine alte Erosionsrinne, die durch fliessendes Wasser gebildet wurde; die Entstehung der Rinne fällt in die Zeit zwischen dem Rückzuge des vorletzten und dem Vorrücken des letzten diluvialen Gletschers. In die Rinne legte sich der vorrückende Gletscher und schützte sie vor Ausfüllung. Am Ende des Gletschers wurde durch die Stirnmoräne das Thal abgedämmt und so das Becken geschaffen. Gleichzeitig wurde vermutlich durch ein Einsinken des Landes nach den Alpen hin die Sohle der Rinne in eine niedere Meereshöhe gebracht und das voralpine Flusssystem verändert, wodurch das Becken vor der Ausfüllung mit Schutt bewahrt blieb.

Für die glaziale Erosion ergaben sich aus der Gestalt des Beckens wie aus den geologischen Befunden keine zwingenden Beweise. Da-

gegen sprechen die morphologischen Verhältnisse im See und in dessen Umgebung deutlich für die Bildung der Hohlform durch Wassererosion.

Der Würmsee ist hiernach ein sekundäres Becken, das erst durch Abdämmung einer durch fliessendes Wasser geschaffenen Rinne gebildet wurde. Da in den bisherigen Klassifikationen der Seen derartige sekundäre Bildungen nicht in genügender Weise Berücksichtigung gefunden haben, so gab die Untersuchung über die Entstehung des Würmsees Veranlassung zur Aufstellung eines neuen Systems der Seen, in denen die primären und sekundären Gebilde zwei Hauptgruppen darstellen, und die Art der seebildenden Vorgänge das weitere Einteilungsprinzip liefert.

In dem verhältnismässig tiefen See erfährt das Wasser während des Sommers nur in den obersten Schichten eine starke Erwärmung. Es bildet sich im Sommer eine deutliche Sprungschicht, die bis zum Herbste bestehen bleibt. Die sommerliche Erwärmung dringt im allgemeinen bis zu grossen Tiefen, zuweilen bis zum Grunde vor. An der Oberfläche wird das Wasser des von flachen Ufern umgebenen, also reich bestrahlten Beckens stark erwärmt. Das beobachtete Maximum beträgt 23.9°. Im Winter kühlt sich das Wasser nur nach längern Kälteperioden bis zum Gefrierpunkte ab; dann überzieht sich der See bei ruhigem Wetter auch mit einer Eisdecke.

Die Temperatur ist gleichzeitig an verschiedenen Punkten des Sees nicht dieselbe. Sowohl an der Oberfläche wie auch in den gleichen Tiefen zeigen sich erhebliche Unterschiede. Die Flächen gleicher Temperatur sind wellig und sanft ansteigend.

Die Sprungschicht ist erst vom Juni an deutlich ausgeprägt, sie erscheint zuerst nahe der Oberfläche und senkt sich dann bis zum Oktober allmählich immer tiefer ein. Neben der Hauptsprungschicht, der jährlichen, bemerkt man häufig sekundäre Sprungschichten, die als periodische oder tägliche zu bezeichnen sind. Von Jahr zu Jahr tritt die Sprungschicht annähernd in gleicher Tiefe auf.

Ein Vergleich mit andern Seen ergiebt, dass die Temperaturverhältnisse im Würmsee wesentlich durch die Lage innerhalb eines Hügellandes, sowie durch die geringe Klarheit des Wassers bedingt werden. Die Hauptursache der Erwärmung der gesamten Wassermasse ist die Sonnenstrahlung.

Ausser im Würmsee wurden noch im Schliersee, Walchensee, Achensee und Königsee thermische Messungen vorgenommen. Die Ergebnisse zwingen zu einer neuen Klassifikation der Seen nach ihren vertikalen Temperaturverhältnissen.

Eine beständige Zunahme der Wärme unmittelbar am Grunde konnte im Würmsee nicht festgestellt werden. Eine solche ist nur im Königsee gefunden worden. Die Erklärung dieser Erscheinung von Richter, der sie für eine Wirkung der Erdwärme hält, kann noch nicht als befriedigend angesehen werden.

Das Wasser des Sees hat eine grüne Farbe, die im Winter etwas mehr ins Blaue, im Sommer ins Gelblichbraune spielt. Nach der Forel-Uleschen Skala liegt sie zwischen 8 und 13. Nach den Beobachtungen mit einer neuen Skala ergiebt sich die Farbe im Sommer als eine durchaus grüne, in der jedoch auch etwas Braun enthalten ist. Die Ursachen der Wasserfarbe sind die mechanische Trübung durch feinste suspendierte Teilchen, der Gehalt an organischen Lösungen und die optischen Einflüsse thermischer Strömungen.

Die Sichttiefe liegt im Sommer bei 3—4 *m*, im Winter bei 14 *m*. Die Grenze des Lichtes wurde im September etwa bei 60 *m* gefunden. Die sommerliche Verminderung der Sichttiefe ist in erster Linie auf die optische Trübung des Wassers durch die thermischen Strömungen zurückzuführen.

Unter der Wirkung des Windes bilden sich auf dem See Wellen, die im allgemeinen bei Wind bis zur Stärke 8 der Beaufortschen Skala eine Höhe von 20—30 *cm* erreichen. Ausserdem sind jetzt mit Hilfe eines selbstthätigen Limnimeters durch H. Ebert auch stehende Wellen, Seiches, beobachtet worden.

Innerhalb des Seebeckens stellen sich auch horizontale Bewegungen, Strömungen, ein, die durch dynamische und thermische Störungen des Gleichgewichtes zu erklären sind. Zu ihnen gehört vermutlich das sogenannte „Rinnen des Sees".

Die Wasserstandsänderungen lehren, dass der See vorwiegend unmittelbar durch das Regenwasser gespeist wird. Die absolute Schwankung des Wasserstandes beträgt 1.58 *m*, die absoluten Schwankungen in den einzelnen Jahren liegen zwischen 0.24 und 0.97 *m*; die mittlere Jahresamplitude erreicht 25 *cm*, der niedrigste Wasserstand fällt auf den Februar, der höchste auf den August.

Nach der von A. Schwager ausgeführten chemischen Analyse geben 1000 *g* Wasser des Sees 0.1392 *g* Trockenrückstand, von dem 45.7% Kalk und Magnesia, 41.3% Kohlensäure und organische Substanz sind.

Über Seiches im Vierwaldstätter See berichtete Sarasin.[1]) Von Juli bis Dezember 1897 war sein Limnograph in Luzern aufgestellt, von Anfang Mai 1898 bis Ende Mai 1899 in Flüelen. In Luzern waren die Resultate wohl wegen der Unregelmässigkeit des Sees von den beiden Nasen bis dahin ziemlich unregelmässig. Die grösste uninodale Periode hatte im Durchschnitte eine Schwingungsdauer von 44¾ Minuten, die binodalen Schwingungen dauerten durchschnittlich 24,4 Minuten. Daneben traten noch Schwingungskurven von kürzerer Dauer, im Mittel von 11 Minuten auf, deren Ursprung noch unaufgeklärt ist. Die Grösse der Schwankungen des Seespiegels beträgt meist nur wenige *mm* bis 2 *cm*, steigt aber

[1]) Geogr. Zeitschr. 1901. p. 52.

unter besondern Umständen auf 10 — 12 *cm*. Sehr regelmässig zeigten sich die Seiches an der zweiten Beobachtungsstelle, die uninodalen mit einer Dauer von 44,5 Minuten, also nahezu der gleichen wie von Luzern aus beobachtet wurde. Es verhält sich also das Seebecken trotz seiner komplizierten Form wie ein langer, gebogener Kanal, der trotz der Biegung in Brunnen und bei den Nasen ohne Abteilungen schwingt; ein sehr interessantes und ziemlich unerwartetes Resultat. Die Dauer von 44 Minuten stimmt mit der theoretisch berechneten gut überein.

Geophysikalische Untersuchung der Seenkettenregion in Schwedisch-Lappland. Die grosse Seenregion in Schwedisch-Lappland und Nordschweden liegt in einer Entfernung von der bottnischen Küste von etwa 150—200 *km* und erstreckt sich in der Richtung von SW—NO parallel den Skandinavischen Hochgebirgen über eine Strecke von wenigstens 600 *km* Länge. Der Torneträsk ist der nördlichste See dieser Zone, die auch die weiter im Süden gelegenen jämtländischen Seen umfasst; demnach liegt diese Seenregion zwischen 63° 20′—68° 30′ n. Br. Die Geologie dieses Gebietes in Bezug auf Norrbotten haben u. a. Fr. Svenonius und P. Holmqvist untersucht: die geologischen Verhältnisse in Westerbottens Lappmark sind neuerdings von C. Wiman studiert, aber noch nicht veröffentlicht. Dagegen ist den in vielen Beziehungen sehr interessanten lappländischen Seenketten wie den Seen in Jämtland und Angermanland bisher wenig Aufmerksamkeit zu Teil geworden. Es liegen nur zur Kenntnis der Fischereiverhältnisse in einigen dieser Seen einzelne Untersuchungen von V. Wahlberg[1]) vor, der allerdings auch Notizen über Tiefen- und Temperaturverhältnisse der von ihm besuchten Seen mitgeteilt hat.

Um Beiträge zur erweiterten Kunde der somit noch immer betreffs ihrer Bodenkonfiguration wenig bekannten lappländischen Seenketten liefern zu können, hat Karl Ahlenius in den Jahren 1899—1900 Lappland, Angermanland und Jämtland bereist.[2]) Im Sommer 1899 fuhr er zuerst die kleine Lule Elf aufwärts, wobei die ganze Seenreihe dieses Stromes bereist wurde; am längsten hielt er sich am Saggatjaure auf und besuchte auch die Gegenden westlich von diesem See, das Thal des Tarrajokk. Dann ging er vom Saggat aus gegen Süden ins obere Thal der Perl Elf, wanderte über das Skeltavareplateau und erreichte die Seen Tjeggelvas und Rappen im Gebiete der Pite Elf. Über die Wasserscheide zwischen Pite- und Skellefte Elf gelangte er an das grosse Seensystem Hornafvan—Uddjaur—Storafvan, reiste den Hornafva-See aufwärts

[1]) Notiser om djup och temperaturförhållanden i några Lappmarkssjöar, Svensk fiskeritidskrift 1894. p. 156.

[2]) Bulletin of the Geolog. Publikation of the Univers. of Upsala 1901. 5. I. No. 9. p. 28 ff.

bis zum Nordwestende, dann die südlichern Seen abwärts bis nach dem südöstlichen Ende des Storafvans. Im Sommer 1900 hat er zuerst die Seen in „Nordjämtland (Ströms Vattudal und den Flåsee) wie auch den Tåsee in Angermanland“ besucht; dann ging er über das Blaikgebirge ins Thal der Angerman Elf, wo er die Wolg-, Malgomaj- und Wojmseen befuhr; den Malgomaj-See hat er bis auf sein Nordwestende genau untersucht. Von „dem Wojmsee aus gelangte er über die Wasserscheide zwischen Angerman Elf und Ume Elf mit ihren sehr eigentümlichen gegen Westen fliessenden Gewässern an den grossen See Storuman und reiste diesen See aufwärts bis nach seinem Nordwestende bei Slussfors.

Die Hauptzwecke seiner Reisen waren, die Tiefen- und Temperaturverhältnisse der obenerwähnten Seensysteme zu untersuchen und zu beobachten. Die Tiefenmessungen, von denen über 1000 vorliegen, wurden mit Leine und Senkblei bewerkstelligt; die Abstände der Observationen durch Rechnen der Ruderschläge oder durch Berechnung der Zeitdifferenzen (bei Fahrten mit Dampfschiff) wie auch durch Orientierung auf den topographischen Karten bestimmt. Die Messungen der Tiefentemperaturen sind mit dem Umkehrthermometer von Negretti und Zambra ausgeführt; die Höhen durch Barometerablesungen berechnet.

Auf der hier beigegebenen Tafel ist eine Übersichtskarte der nordschwedischen Seenkettenregion gegeben, und die untersuchten Seen sind darauf durch Schraffierung bezeichnet. Über die einzelnen Beobachtungsergebnisse muss auf das Original verwiesen werden. Das Ergebnis seiner Untersuchungen bezüglich der Bildungsgeschichte dieser Seenbecken fasst Ahlenius wie folgt zusammen:

Wir finden, dass die grossen Seenketten in Lappland alle radial von den Hochgebirgen als sogenannte Randseen ausgehen, ferner dass sie in den Hauptrichtungen der Flüsse von NW—SO gelegen sind und überhaupt Teile von den grossen Flussthälern (Flussseen) ausmachen. Dann finden wir, dass die obern Enden der Seen im allgemeinen verzweigt sind, wie Hornafvan, Storuman, Wojmsee, Malgomaj; dass überhaupt die westlichen und nordwestlichen Teile der Seen schmal, langgestreckt und fjordähnlich sind, häufig geneigte oder steile Abhänge besitzen, und zwar besonders ausgeprägte Tiefenbecken oder Tiefenwannen ausmachen, die häufig bedeutende Tiefen, öfters zwischen 100—200 *m* (Hornafvan, Storuman, Wojmsee, Malgomaj) aufzuweisen haben. Setzt man die Grenze zwischen den westlichen Tiefenbecken und den östlichen Flachbecken bis zu 25 *m* an, d. h. etwa zum Viertel der durchschnittlichen Maximaltiefe der tiefern Seen vom Saggat an bis auf Ströms Vattudal, so erhält man eine Tiefenwassergrenze, östlich von welcher folgende Seen oder Seenteile gelegen sind: Purkijaure, Saskam, Wajkijaure, das untere Ende des Hornafvan, die Seen Uddjaur Storafvan, das untere Ende des Storvindeln, das untere Ende des Storuman und dasjenige des

Wojmsees, ferner der Wolgsee und die untern Enden von Tåsee, Flåsee und Ströms Vattudal. Diese Grenze wird zugleich markiert, teils durch das Auftreten von langgestreckten Ås-Bildungen oder Ås - Inseln, wie besonders in Rappen, Hornafvan, Storuman; teils durch das Vorkommen von mächtigen Geröllmassen und Moränenablagerungen wie in den östlichen Seen im Thale der kleinen Lule Elf, im untern Ende des Hornafvan, im Uddjaur und Storafvan, im untern Ende des Storuman, im Wolgsee u. s. w. Die betreffende Grenze tritt auch öftermals ziemlich scharf hervor mit steilem Schwebe wie in Hornafvan, Storuman und Wojmsee.

Wie hat man sich nun die Bildungsgeschichte dieser tiefen Seen vorzustellen? Man möchte zunächst an Verwerfungen denken, weil die Formationsgrenze zwischen den jüngern kambrisch-silurischen oder algonkischen Bildungen im Westen und den archäischen Gesteinen im Osten im allgemeinen dem Anscheine nach östlich von den grössern Tiefen liegt und demnach eine Senkung der ganzen paläozoischen Zone im Verhältnisse zum archäischen Gebiete andeuten könnte. Dagegen kann indessen hervorgehoben werden, teils dass eine Übereinstimmung zwischen der Formationsgrenze und der Tiefenwassergrenze in Details, wie die vorhergehende Darstellung gezeigt hat, gar nicht vorhanden ist, teils dass eine solche grössere Verwerfungslinie in der Natur nirgends nachgewiesen werden kann. Die einzelnen Seebecken haben auch in ihrer Hauptrichtung im allgemeinen gar keine Verwerfungsspalten aufzuweisen, was allerdings nicht hindert, dass solche teilweise, und zwar in nordsüdlicher Richtung einst existiert haben, aber (während der Glazialzeit verwischt) heutigen Tages nicht mehr wahrgenommen werden können.

Es ist dann an die Möglichkeit zu denken, dass die Becken durch Gletschererosion ausgehöhlt worden seien. Neuerdings hat O. Nordenskjöld[1]) diese Hypothese für die Entstehung der Fjorde im eigentlichen Sinne angenommen; er nimmt aber diese Hypothese nicht für die eigentliche Thalbildung in Anspruch, sondern meint, dass die meisten Thäler, in denen jetzt Fjorde liegen, schon in präglazialer Zeit existiert hätten, und dass die Gletscher eben diesen präexistierenden Flussthälern gefolgt seien. Dadurch sei es begreiflich, dass die Flussthäler und deshalb auch die Fjorde an die Verwerfungsspalten gebunden seien, wo solche vorkommen; ferner dass sie gern dem Schichtenstreichen folgen und vorzugsweise die Gegenden mit weichem Gesteinsgrunde aufsuchen, hier aber breiter und zugleich, weil eine Erosion gegen die Tiefe, um Platz zu gewinnen, nicht so notwendig war, weniger tief werden.[2]) Nach Drygalski nimmt in den Gletschern die Geschwindigkeit der Be-

[1]) Topographisch-Geologische Studien in Fjordgebieten, im Bulletin of the Geological Instit. of the Univ. of Upsala 1899. 4.

[2]) loc. cit. p. 221.

wegung und damit auch die erodierende Thätigkeit mit der Tiefe zu, und muss deshalb eben in engen tiefen Thalschluchten auch am stärksten sein. Ohne die erwähnte Hypothese zur Erklärung der Entstehung von Fjordbecken und damit verbundener Probleme irgendwie bestreiten zu wollen, möchte Verf. doch in betreff der lappländischen Seen hervorheben, dass diese einen komplizierten Fall darbieten eben deshalb, weil die Eisscheide in glazialer und spätglazialer Zeit gerade hier über den Seen gelegen und demnach das Eis sich hin und wieder, nach Osten und nach Westen, bewegt hat.

Möglich ist, dass sowohl Verwerfungen als Gletschererosion zur Entstehung der Becken einigermassen mitgewirkt haben können; Verf. möchte doch annehmen, dass die Seebecken in erster Linie durch Erosion der Flüsse ausgehöhlt worden sind. Während des langen Zeitraumes nach der Erhebung Skandinaviens über das Meer bis zur beginnenden Glazialzeit haben die vielen Flusssysteme in Lappland und Norrland im ganzen wahrscheinlich ihre gegenwärtige Anlage und Richtung gehabt; und denkt man sich Lappland damals in präglazialer Zeit als ein mächtiges Hochplateau mit Gebirgsmassen im Westen, so sind ohne Zweifel die von den Hochgebirgen fliessenden Flüsse und Ströme sehr wasserreich gewesen; und, weil sie zugleich über ein ausgedehntes verhältnismässig dürres Plateau herbeiströmten, haben sie auch gewaltige Erosionsrinnen, beziehungsweise Cañons, aushöhlen und erodieren können.

In glazialer Zeit hat das über Skandinavien liegende Inlandeis die oben angedeuteten Verhältnisse wesentlich verändert. Jüngere Bildungen und Verwitterungsmassen des Landes sind weggeführt; statt dessen wurden bei Abschmelzung des Eises mächtige Grus-, Geröll- und Moränenmassen abgelagert, die die östlich von der Eisscheide gelegenen Flussthäler ausgefüllt haben. Dagegen blieb in postglazialer Zeit ein bedeutender Rest des Inlandeises in Lappland noch lange Zeit liegen; dieser Eisrest mag eben über den gegenwärtigen lappländischen Tiefenbecken gelegen und durch seine plastische Masse die Wannen vor Zuschüttung durch Grus und Geröll bewahrt haben. Für diese Auffassung spricht zuerst, dass die Åsbildungen in den untern Enden der Seen auftreten, aber eben dann weiter im Westen plötzlich aufhören, wenn die Tiefenbecken beginnen. Das Eis ist somit rückwärts von Osten nach Westen abgeschmolzen und hat dabei Moränenablagerungen und Åsbildungen, d. h. Deltabildungen am Rande des Eises zurückgelassen. Etwa an der gegenwärtigen Tiefenwassergrenze, und zwar im Saggat, Hornafvan, Storuman, Wojmsee und Malgomaj, ist dann der Eisrand eine längere Zeit zurückgeblieben. Im Westen hat die Kante des Eisrestes wahrscheinlich die obern Enden der beschriebenen Seen erreicht, weil Strandlinien von eisgedämmten Seen erst in einer mehr westlich gelegenen Zone angetroffen worden sind, so die angeführten Strand-

linien am Tarraure und die von Gavelin geschilderten Eisseen am Gäutajaure [1]) im Westen vom Storuman.

Für die obenerwähnte Auffassung von der Lage der Eisscheide und des Eisrestes in spätglazialer oder postglazialer Zeit spricht auch sowohl die Transportierung von Blöcken wie die Richtung der Schrammen.[2]) Dass eine gewisse Übereinstimmung zwischen der Formationsgrenze und der Tiefenwassergrenze, beziehungsweise der Eiskante besteht, könnte darauf beruhen, dass der relativ unbewegte Eisrest sowohl die Tiefenbecken als die jüngern postarchäischen Sedimentgesteine, gewissermassen also beide Erscheinungen, bewahrt hätte.

Nach dieser Untersuchung sind also die lappländischen Tiefseebecken — das ist das Schlussergebnis — als Reste gewaltiger präglazialer Flussthäler oder Flussrinnen zu betrachten, die allerdings durch Erosion entstanden, aber dureh den Rest des Inlandeises in ihrer Form und Tiefe bewahrt und durch mächtige spätglaziale und postglaziale Ablagerungen aufgedämmt worden sind.

Das tote Meer ist von L. Gautier besucht und geschildert worden.[3]) Die Umgebung dieses Salzsees bietet ein grossartiges Landschaftsbild von eigenartiger Wildheit, das man nicht mit Unrecht mit den Ufern des Genfer Sees verglichen hat. Besonders gilt dieser Vergleich nach Gautiers Meinung hinsichtlich des Nordufers des toten Meeres und des Ostendes des Genfer Sees in der Nähe der Rhonemündung. Irrtümlich ist die weitverbreitete Meinung, dass die Oberfläche des toten Meeres in steter Ruhe sei, vielmehr befindet sie sich fast in steter durch den Wind hervorgerufener Wellenbewegung, und bei den dort dann und wann herrschenden Gewitterstürmen brechen sich riesige Wogen am Ufer. Auf diese Weise lässt sich also keineswegs der Name dieses Binnensees erklären, seine Bezeichnung als »totes Meer« fusst vielmehr nur auf der Thatsache, dass in seinem Wasser mit Ausnahme gewisser niederer Organismen kein lebendes Wesen, weder ein Fisch, noch ein Kruster, noch irgend welche Molluskenart, existieren kann, und dass nicht bloss die Fische, welche der Jordan dem toten Meere zuführt, in demselben sterben und tot ans Ufer getrieben, zahlreichen Vögeln zur willkommenen Beute werden, sondern auch andere sonst an Salzwasser gewöhnte Fische in diesem Binnensee eingehen. Allerdings hat man aus dieser Thatsache zu weit gehende Folgerungen gezogen, indem man behauptete, dass kein Vogel über das tote Meer fliegen könne, ohne tot abzustürzen; das ist, wie Gautier aus

[1]) On the glacial lakes in the upper part of the Umeriver-Valley, in diesem Bulletin 1899. IV.

[2]) Vgl. Fr. Svenonius, Om berggrunden i Norrbottens län, o. a. S. Vgl. besonders die Karte.

[3]) Le Globe, Genf 1900. Die Natur. Oktoberheft 1901. p. 210.

eigener Anschauung konstatieren konnte, eine Fabel. Ebenso wenig entbehren die Ufer des Sees der Vegetation infolge der Einwirkung seines salzhaltigen Wassers; vielmehr kommt Pflanzenwuchs an den Ufern nur deshalb nicht fort, weil es meist an süssem Wasser fehlt, nur wenige solches Wasser führende Zuflüsse vorhanden sind, und der Niederschlag gering ist. Da, wo sich fliessendes Süsswasser findet, so z. B. in Engedi mit seiner Thermalquelle (27° C), zeigt sich eine üppige Vegetation, in der wie überhaupt in diesem Gebiete des Ghor neben tropischen Pflanzen Elemente der Mittelmeerflora vorherrschen.

Dass die Ufer des toten Meeres nicht bevölkert sind, erklärt sich mehr aus der dort herrschenden Hitze und Dürre — die Temperatur steigt zuweilen über 55° C. im Schatten — als etwa aus einem ungesunden Klima der Gegend. Übrigens sind die Ufer des Sees früher lange Zeit bewohnt gewesen, auch am Südwestende, wo die Stadt Tamar einst sich erhob. Nicht unerwähnt mag hier bleiben, dass heutzutage auch die einst so stark bevölkerten Gestade des Sees Tiberias bis auf drei oder vier Stellen fast völlig verlassen sind. Zu den Zeiten, als die Ufer des toten Meeres bewohnt waren, wurde dieses befahren, worüber aus dem Altertume von Tacitus und gleichfalls aus dem Mittelalter Nachrichten vorliegen, als zur Zeit der Kreuzzüge dort Kerak und andere wichtige Festungen sich erhoben.

Zur Römerzeit wurde das Wasser des toten Meeres wegen der ihm zugeschriebenen Heilkraft viel zu Bädern verwendet, wie ausser Julius Afrikanus auch Galenus meldet, welcher, allerdings unzutreffend, meint, dass man einen künstlichen Ersatz dieses Wassers dadurch herstellen könne, dass man Meerwasser eine ausreichende Menge Salz zusetze. Man hat vielfach behauptet, dass das tote Meer mephitische Dünste ausströme; dass diese von dem Wasser selbst ausgehen, ist nicht erwiesen, möglicherweise können sie aus den sumpfigen Lagunen am Ufer oder aus Mineralquellen, die in der Nachbarschaft des Sees entspringen, aufsteigen; es macht sich ein Geruch wie von faulen Eiern, der wohl auf Schwefelwasserstoff zurückzuführen sein dürfte, an mehrern Stellen, so besonders in der Nähe der Quelle Ain-Feschkha, deren Wasser am Nordwestufer dem toten Meere zufliesst, bemerkbar.

Von Norden nach Süden in seiner Längsrichtung erstreckt sich das tote Meer 76 *km* weit; seine grösste Breite beträgt 16 *km*, bei Josephus finden sich seine Dimensionen, sicher zu hoch, zu 580 und 150 Stadien, d. h. 111 und 28 *km* angegeben Die Oberfläche des Sees beträgt 929 *qkm*, während die des Genfer Sees nur 578 ausmacht. Das tote Meer zerfällt durch eine in dasselbe vorspringende 17 *km* lange, flache, zumeist nur 12—25 *m* über dem Meeresspiegel sich erhebende Landzunge, welche jedoch eine bis zu fast 100 *m* aufsteigende Hügelreihe trägt, in zwei ungleich grosse Teile. Diese

Landzunge, el Mezra'a oder el Lisân genannt, welche aus weissem Kalkmergel mit Salz- und Gipsablagerungen besteht, geht vom Ostufer aus bis ziemlich nahe ans Westufer, von dem sie nämlich nur durch einen nicht mehr als 5 *km* breiten Kanal getrennt ist. Die beiden Vorgebirge dieser Landzunge sind nach zwei Reisenden benannt, welche jenes Gebiet durchforscht und den See befahren haben; das nördliche heisst Kap Costigan nach einem Irländer, der dort 1835 weilte, das südliche Kap Molyneux nach einem Engländer, welcher 1847 sich dort aufhielt. Beide sind den gewaltigen Strapazen, die ihnen bei der Erforschung jenes Gebietes erwuchsen, zum Opfer gefallen.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts haben noch einige andere Forschungsreisende das tote Meer besucht und befahren, so Moore und Beke im Jahre 1837, der englische Leutnant Symonds im Jahre 1841, der Leutnant Lynch von der Marine der Vereinigten Staaten von Nordamerika im Jahre 1848 und der Herzog von Luynes im Jahre 1864. In neuester Zeit haben von 1893 ab Ruder- und Segelboote häufig Touristen über den See befördert, der jetzt auch von einem kleinen Dampfer befahren wird.

Der nördlich von der Lisan-Landzunge gelegene Teil des toten Meeres übertrifft den südlichen bei weitem an Grösse, auch hat er eine grössere Tiefe, nämlich bis zu 399 *m*, während der südliche Teil sehr flach, nämlich meist nur 3—4 *m* tief ist und sich zuweilen sogar durchwaten lässt. Möglicherweise ist dieser südliche Teil weit jünger als der nördliche, vielleicht sogar erst in historischer Zeit infolge einer Bodensenkung entstanden, welche ermöglichte, dass das Wasser des Sees sich über früheres Landterrain ausbreitete. Die Ufer dieses südlichen Teiles des Sees zeichnen sich durch ihren enormen Salzgehalt aus; dort finden sich Salzsümpfe, und dort sieht man auch den als Dschebel-Usdum oder Khadjar-Usdum bezeichneten eigentümlichen, etwa 10 *km* langen Salzberg aus reinem Steinsalze von trübweisser oder roter Farbe, in dessen Namen uns ein Anklang an den Namen der Stadt Sodom entgegentritt. Dieser Berg ist 200 *m* hoch, 10 *km* lang und im Mittel 1 *km* breit. In seiner nächsten Nähe sieht man, wenn auch nicht stets, so doch dann und wann Salzsäulen, welche dadurch entstanden, dass Regenbäche die sie umgebenden Massen fortgeführt haben, und die einige Ähnlichkeit mit ungestalten Riesenstatuen besitzen.

Eine andere Eigentümlichkeit des toten Meeres, die ihm bei den Griechen die Bezeichnung Asphaltsee eingebracht hat, ist das Vorkommen von Bitumen in seinem Becken. Dieses Vorkommen war schon den Alten bekannt (Tacitus V, 6; Strabo XVI, 2, 42; Dioscorides I, 99; Diodor XIX, 25). In der Nähe des Sees finden sich Bänke, bestehend aus weissem, kreideartigem Mergel, aber auch solche aus bituminösem Mergel. Jedoch rühren die asphaltartigen Bestandteile des Wassers des toten Meeres nicht von diesen Ab-

lagerungen auf seinen Ufern her; dieselben entstammen vielmehr in der Tiefe unter dem See gelegenen Ablagerungen, und man hat bemerkt, dass das Auftreten von bedeutenden Bitumenmassen auf der Oberfläche des toten Meeres gleichzeitig mit Erderschütterungen erfolgt, welche dann und wann in jenem Gebiete sich geltend machen. Wenn diese Erscheinungen sich äussern, treten grosse Massen von Bitumen vom Grunde her in den See ein, schwimmen auf dem Wasser und werden von den Eingeborenen schleunigst gesammelt, jedoch fehlt es bisher noch an jeder methodischen Ausnutzung. In geringer Menge lassen sich bituminöse Bestandteile stets in dem Wasser des Sees konstatieren.

Wasserzunahme im Toten Meere. Seit einiger Zeit ist der Spiegel dieses Salzsees in starkem Steigen begriffen, wie Kapitän Gray Hill berichtet.[1]) Rujn el Bahr, das als Insel nahe der Jordanmündung lag, ist in den letzten Jahren unter dem steigenden Wasser verschwunden. Bei der Jordanmündung nördlich vom Nordrande ist jetzt eine weite Lagune, die dadurch entstand, dass das Wasser gestiegen ist und einen Teil des Deltalandes des Jordan überschwemmt hat. Am Südrande befanden sich an der Ost- und Westseite zwischen den steil abfallenden Felsen und dem Ufer breite Strecken Sandstrandes, die jetzt auch unter Wasser sind, so dass das Wasser schon am Fusse der Felsen steht. Der Spiegel fällt nicht im Sommer, so dass nicht etwa der Regenfall einer Jahreszeit die Ursache ist, sondern eine Vergrösserung des Wasserzuflusses im allgemeinen in den letzten Jahren zur Erklärung herangezogen werden muss. Hill macht vulkanische Thätigkeit dafür verantwortlich, welche den Boden des Toten Meeres gehoben haben soll; eine sehr unbefriedigende Hypothese.

Der Aralsee wird im Auftrage der turkestanischen Sektion der Kais. Russ. Geogr. Gesellschaft von einer Expedition unter Leitung von L. S. Berg erforscht. Dieser hat über die Ergebnisse während des ersten Forschungsjahres berichtet.[1]) Da auf dem See gegenwärtig keine Schiffahrt vorhanden ist, war es schwierig, das 10 *m* lange Segelboot aufzutreiben, auf dem die Expedition mit den nötigen Instrumenten am 16. Juni von Kasalinsk nach dem Syr-Darja-Delta aufbrach. Hier blieb auf der niedrigen Insel Kossaral ein Topograph zurück, der im Laufe von zwei Monaten eine vorzügliche Karte des ganzen Deltas mit den angrenzenden Meeresteilen aufnahm. Am 25. Juni stach die Expedition in See, besuchte auf ihrer Fahrt die noch wenig bekannten Inseln Barssa-Kelmess und Nikolai und landete am 28. Juli an der steilen Westküste, die den Ostrand des öden Ust-Urt-Plateaus bildet. Nachdem Berg hier auf dem Ust-Urt be-

[1]) Geogr. Journal 1900. **10.**
[1]) Vgl. Globus **79.** p. 213. Geogr. Zeitschr. 1901. p. 293.

deutende geologische Sammlungen zusammengebracht und die dortige Tiefenregion des Aralsees ausführlich untersucht hatte, begab er sich längs dem Westufer weiter nach Norden zum Vorgebirge Bai-Kubek am Nordwestende des Sees und dann zur Halbinsel Kulandy, von wo aus quer durch den See nach der Menschikow-Insel zwischen den Mündungen des Syr- und Amu-Darja gesteuert wurde, um dabei die Tiefe der Mitte des Sees zu untersuchen. Dann kehrte Berg nach Kasanlinsk zurück, um im August nochmals hinauszusteuern und der Erforschung der Seiches obzuliegen. Im ganzen wurden von der Expedition an 39 Stationen meteorologische und hydrographische Beobachtungen angestellt, was die Möglichkeit zur Herstellung einer zuverlässigen hydrographischen Karte des Sees giebt. Die Planktonfischerei ergab ein reiches Material. Über 6000 Insekten und 200 Pflanzenarten wurden gesammelt, und während dreier Monate wurden täglich meteorologische Beobachtungen angestellt. Die Tiefe in der Mitte des Sees betrug 20—23 *m*, die Maximaltiefe am Steilabfalle des Westufers 62,5 *m*. Der Salzgehalt des Wassers erwies sich als sehr niedrig; dagegen war seine Durchsichtigkeit aussergewöhnlich gross und betrug im Maximum 20,5 *m* bei 23,5 *m* Tiefe. Zahlreiche Anzeichen lassen ein schnelles Steigen des Seespiegels erkennen, was um so auffallender ist, als alle Reisenden von 1820 bis 1880 von einem Eintrocknen des Sees berichten. Durch vier aufgestellte Massstöcke und durch eine in den Felsen eingeschlagene Höhenmarke wird man in Zukunft zuverlässige Daten über die Schwankungen des Seespiegels erhalten. Die Seichesbeobachtungen ergaben unzweifelhaft das Vorhandensein dieser Oberflächenbewegung, jedoch erfordert die völlige Ergründung der Frage noch weitere Beobachtungen mit dem Limnometer.

Das Kuku-nor-Gebiet. Das zentrale Hochasien zwischen 40° und 35° nördl. Br. westlich und nordwestlich vom Oberlaufe der grossen Ströme Hoang-ho und Yang-tse-kiang bildet geographisch eine der interessantesten Regionen des Festlandes. Nicht nur ist es die gewaltige Bodenanschwellung an und für sich, welche durch ihre ohne Vergleich dastehende Massigkeit und ihre ungeheure Grenzmauer gegen Süden, nämlich das Himalaya-System, und gegen Westen, das Karakorumgebirge und die Pamir, sich als einzigartige kontinentale Plateaubildung im grössten Stile kennzeichnet, sondern auch die tektonischen Verhältnisse innerhalb dieses Gebietes sind höchst eigenartige, ohne Vergleich dastehende. In Höhen, welche die des Ätna überragen, ja der des Mont Blanc vergleichbar sind, finden sich dort abflusslose Seen und ungeheure ausgedehnte Einsenkungen, wie die Salzwüste Tsaidam, welche in geologisch noch nicht lange verflossener Zeit ungeheure Seebecken gewesen sein müssen, die entweder durch klimatische Veränderungen oder durch geotektonische Umwälzungen ihre Wasser einbüssten. Diese nach

jeder Richtung hin höchst interessanten Gebiete sind zudem erst in der neuesten Zeit der wissenschaftlichen Durchforschung zugänglich geworden, ja teilweise erst seit kaum mehr als zwei Jahrzehnten, vornehmlich durch den kühnen russischen Reisenden Prschewalsky aufgeschlossen worden. Seitdem ist besonders die Umgebung des einst so rätselhaften Kuku-nor (Nor = See) von wissenschaftlichen Reisenden besucht worden, unter denen Graf Zzechenyi, Swen Hedin und Rockhill besonders zu nennen sind. Diesen hat sich in jüngster Zeit Prof. K. Futterer angereiht, der mit Dr. Holderer eine wissenschaftliche Forschungsreise nach Zentralasien ausführte und Nordost-Tibet in verschiedenen Richtungen durchzog. Die Ergebnisse dieser Forschungsreise sind in einem grossen Werke niedergelegt; neuerdings hat Prof. Futterer über Nordosttibet sich auch in einer besondern Abhandlung verbreitet.[1]) Die von den beiden Forschern ausgerüstete Karawane brach am 6. August von Si-ning-fu in West-Kan-su auf, um über die 3600 *m* hohe Wasserscheide, welche dort das Gebiet des zum Gelben Meere laufenden Flusses von dem abflusslosen Gebiete Nordorsttibets trennt, zum Kuku-nor zu gelangen, in das Land der Steppen und abflusslosen Seen. Aus der letztern Region, in welcher noch die chinesische Kultur einigen Einfluss ausübt, traten die Reisenden auf die tibetanischen Hochflächen ohne Dörfer und Wege in die endlose Steppe.

»Nirgends,« sagt Prof. Futterer, »ist die einförmige, im Herbste gelbbraune Steppengrasdecke, welche vom Thalboden bis hoch hinauf ohne Unterbrechung gleichmässig Gehänge wie Bergkuppen überzieht, vom Pfluge durchfurcht oder von Bäumen und Wald unterbrochen. Selbst trotzig hervorragende Felsklippen haben nur selten die alles gleichförmig überziehende Decke zerrissen, wie wenn sie eigens für den Geologen geschaffen wären, um ihm doch ab und zu einen Einblick in den innern Bau der an der Oberfläche so eintönigen Gebilde der Erdoberfläche zu erlauben. Bei flüchtigem Blicke kann man diese Hochsteppenflächen für gänzlich tot halten, und auf dem weitern Wege durch Nordosttibet gingen die Märsche tagelang durch solche, in breiten, flachen Thälern gelegene Steppen, die auch den Gebirgen ihren Charakter verliehen, ohne ein lebendes Wesen zu erblicken; Mensch wie Tier schienen diese Einöden zu meiden, und die absolute Ruhe des Todes lag über den weiten, stillen Höhen und Grasflächen, in denen nicht einmal das fliessende Wasser sich an einem murmelnden Tone verriet. Erst weiter unten und weiter westlich am Kuku-nor war aber doch verhältnismässig reiches Leben, das sich an besondern, günstigere Bedingungen bietenden Stellen lokalisierte.

[1]) Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1900. 35. p. 297 u. ff.

So waren die Nomaden des tibetanischen Stammes der Tanguten zahlreich in der Nähe des Ostendes des Sees in ihren Jurten angesiedelt. Ihre Herden befanden sich auf den grasreichen Flächen zu beiden Seiten des Taotan-ho und bestanden vorwiegend aus zahmen Jaks und Schafen; Pferde waren sehr in der Minderzahl. Bereits beim Aufbruche des Lagers am Morgen stellten sich zahlreiche grosse Raubvögel, Geier, Adler, sowie Raben ein, welche sich über die Abfälle des Lagers hermachten. Kleinere Vögel, wie Berghühner, belebten die zahlreichen, steilern Seitenthälchen des grossen Taotan-ho-Thales, und eine sehr individuenreiche Vogelwelt hielt sich an den Ufern des Sees selbst auf. Grosse weisse Möven bedeckten in Scharen die sonnigen, flachen Sandufer, und ab und zu zeigten sich auch grosse Raubvögel; Skelette von grossen Fischen lagen am Ufer, und mittels der Angel wurden einige Fische gefangen, konnten aber nicht konserviert werden; ausser den bissigen Hunden, welche die Tangutenzelte bewachen, war hier vom Tierleben weiter nichts zu bemerken. Wenn auch reich an Individuen, gilt die Fauna am Kuku-nor doch für arm an Arten und kann sich nicht mit dem Reichtume des weiter im Südwesten gelegenen Tsaidam messen; auch die Zugvögel kommen hierher nicht in grossen Mengen, weil es, wie v. Prschewalsky schon bemerkte, an Strauchwerk, Schilf und Bäumen hier mangelt. An den Berghängen aber und auf den feuchten, saftigen Grasweiden der Thälchen, die von Norden gegen das Taotan-ho-Thal herabkommen, und auch in denen des Süd-Kuku-nor-Gebirges schmückte im August ein herrlicher Flor blühender Pflanzen die eintönigen Flächen. In der artenreichen Flora, der hier aber Bäume und grössere Gesträucher fehlen, weisen zahlreiche Arten von Enzianen und Edelweiss auf die hohe Lage der Gegend hin.«

Die Meereshöhe des Kuku-nor-Spiegels ist etwa 3300 *m*, und von dem flachen östlichen Ufer konnte Futterer das gegenüberliegende Gestade nicht wahrnehmen. Längs des Südufers zieht sich in einiger Entfernung ein sanft bis zu 300 *m* ansteigendes, aus alten Formationen bestehendes Gebirge, und im NW begleitet die Küste eine Zone von Sanddünen, und hinter derselben in grosser Ferne erscheinen die weissglänzenden, vielgestalteten Bergketten der südlichen Glieder des Nan-schan-Gebirges.

Im See liegen felsige Inseln, von denen eine ein Mönchskloster trägt, welches nur im Winter über den von Mitte November bis Mitte Mai gefrorenen See Verbindung mit dem Lande besitzt. Fahrzeuge giebt es nicht auf dem See. Über dessen Tiefe sind auch keine Beobachtungen bekannt, ausser dass er am östlichen Südufer in 3 *km* Entfernung von der Küste erst 17,7 *m* tief ist; wahrscheinlich ist der See, wie Futterer meint, weiter im Westen tiefer.

»Der Charakter des Süd-Kuku-nor-Gebirges,« sagt Futterer, »ist nicht unwirtlich; bis weit über die Pässe hinauf reichen die Steppenflächen, felsige Thalseiten und steile Wände treten mehr auf

der Südseite hervor; die Thäler sind von Tanguten bewohnt, und verlassene Lagerstätten zeigen deren zeitweiligen Aufenthalt in den Thälern bis hoch hinauf an.«

Weiter westwärts wird das Gebirge höher und felsiger, und in seinen Thälern finden sich auch Wälder von Cedern, Wachholder und Gestrüpp. Der vom Westen des Kuku-nor nach dem Dulan-nor im Süden des Süd-Kuku-nor-Gebirges führende Weg geht über einen 4200 *m* hohen Pass, während der Pass, den Futterer überschritt, nur 3780 *m* hoch war und fast überall in seiner Umgebung die Steppengrasdecke besass.

»Von seinen Höhen,« sagt Prof. Futterer, »bot sich eine herrliche Aussicht über den See und seine in der blauen Wasserfläche weiss schimmernden Felseninseln. Nach Süden dagegen dehnte sich eine breite, öde und eintönige Fläche mit geringem Gefälle gegen Süden aus, die ebenso sanft wieder nach Süden ansteigt und am Horizonte begrenzt wurde von den zerrissenen Kammlinien mehrerer, hintereinander liegender Ketten des Ssemenowgebirges. Während wir durch diese Ebene, die weiter im Westen den Salzsee Dalai-Dabassu birgt und Dabassun-Gobi heisst, zum Nordfusse dieses Gebirges und an demselben nach Osten bis zum obern Hoang-ho hinzogen, war es im wesentlichen derselbe Steppentypus, der das Landschaftsbild bis hoch an den Bergen hinauf charakerisierte; dort brachte die vom Winde belebte, in der Farbe wechselnde Oberfläche des Sees Abwechselung in die Eintönigkeit, hier aber, im Süden des Gebirges und längs des Nordfusses der Ssemenow-Kette, vermögen die kleinen, in der Ferne sichtbar werdenden, zum Teil von Salzflächen umgebenen Seen, wie der Dalai-Dabassu und weiter im Westen der Gunga-nor, den Eindruck der grössten Einförmigkeit der morphologischen Formen nicht zu stören.

Der tiefste Punkt der Ebene, an einem kleinen, nach Osten fliessenden, sich durch Sumpfflächen schlängelnden Flüsschen, das fast von dem hohen Dyrisungras verdeckt wird, aber doch schwer passierbar ist, lag in etwa 3110 *m* Meereshöhe und 240 *m* unter dem Spiegel des Kuku-nor; Rockhill fand an einer östlichern Stelle die Meereshöhe am tiefsten Punkte nur noch 2939 *m*; er nennt die Ebene Chemar t'ang (t'ang oder Tan ist der tangutische Name für die breiten, ebenen Steppenthäler), die in welliges Land am Südfusse des Süd-Kuku-nor-Gebirges übergeht.«

In der Steppenebene muss sich nach Futterer in ganz junger geologischer Vergangenheit ein Seebecken befunden haben; denn an den Terrassenrändern, welche den tiefsten Teil der Thalebene begleiten und aus eisenschüssigen Sandsteinen und konglomeratischen Schichten bestehen, wurde eine reiche Fauna mit zahlreichen Süsswasserschnecken und -muscheln direkt unter dem Steppenboden gefunden. Sie entsprechen unsern diluvialen Faunen und beweisen, dass der See erst vor geologisch sehr kurzer Zeit verschwunden ist.

Über eine weite, sumpfige Steppenebene gelangten die Reisenden, an dem hohen, schon von Prschewalsky als Landmarke hervorgehobenen Felsenberg Amne-waien vorüber, zu der tief ausgewaschenen Thalschlucht des Hoang-ho. Das Flussbett desselben ist dort tief unter dem Niveau der Steppe eingegraben und wird von steilen Konglomerat- und Schotterwänden begleitet. »In den Erweiterungen der Schluchten des Hoang-ho schildert Futterer, und auch in den Nebenschluchten, die zu ihm hinabführen, ist ein eigentümlicher Wechsel der Vegetation zu beobachten. Diese engen Thäler sind geschützt vor den kalten Winden, und während auf der rauhen Steppe nur das Gras gedeiht, hat sich hier die Vegetation üppiger entwickelt. Es blühten hier im September auf den Grasflächen noch zahlreiche Enziane, und die Pappelbäume, sowie die dichten Sträucher von Carragana waren eine ganz neue, der Steppe fremde Erscheinung. Überall, wo sich geschützte Stellen finden, sind auch noch weiter im Süden, am Tschurmünflusse und in den tiefen Thalschluchten des Amne-matschin-Gebirges, reich bewachsene Thäler mit Wald und reicher Strauchvegetation an den Gehängen gefunden worden. Unter dem Schutze der Hoang-ho-Schlucht, die bei Kuei-tö hsien über 7 *km* breit wird, wird noch Ackerbau betrieben, und Früchte, wie Aprikosen, Pfirsiche, Birnen, lässt hier das milde Klima noch reifen. Auch die Tierwelt bevorzugt diese Stellen; auf den Steppen im Kuku-nor-Gebiete waren zwar wilde Esel und grosse Raubvögel zahlreich, aber die kleinen Vogelarten waren erst am Hoang-ho wieder häufiger zu sehen. Auch Tanguten befanden sich hier mit ihren Herden und vermittelten mittels aufgeblasener Jackhäute die Überfahrt über den reissenden Strom, der hier eine Breite von 130 *m* besitzt unterhalb der engen Stelle, an welcher er aus dem Schiefergebirge tritt. Seine Tiefe an den Seiten betrug 6 und 8 *m*, in der Mitte konnte sie der raschen Strömung wegen nicht sicher gemessen werden, betrug aber über 12 *m*; bei der Geschwindigkeit des Wassers von 2.76 *m* in der Sekunde entspricht die Wassermasse des Flusses etwa derjenigen, welche die Donau im Jahresmittel durch das Eiserne Thor trägt.«

Prof. Futterer schildert den allgemeinen Charakter dieses merkwürdigen Gebietes, wo der Hoang-ho schon als gewaltiger Strom die tibetanische Hochgebirgswelt verlässt, um sich zunächst in die Steppenfläche einzugraben und später von neuem in wildem Felsenthale die östlichen Fortsetzungen des Süd-Kuku-nor-Gebirges zu durchbrechen, gemäss der Aussicht, die ein hoher Berg des Dschupar-Gebirges im Osten des Hoang-ho in weitestem Umfange bot: Nördlich und nordwestwärts dehnt sich die gelbe Hoang-ho-Steppe aus, als dunkler Strich die Schlucht des Flusses weit hinaus sichtbar. Unvermittelt erhebt sich der »Heilige Berg« Amne-waien in seiner schroffen Gestalt, an seinem Südfusse glänzen Sumpf- und Wasser-

flächen; nördlich erheben sich hügelige, weisse Dünensande, gänzlich kahl, ein der übrigen Steppenfläche fremdes Element bildend.

Majestätisch zeigten sich am fernen Horizonte die hohen und Ende September schon stark beschneiten Gipfel und Kämme des Süd-Kuku-nor-Gebirges und seiner östlichen Fortsetzungen; gegen Osten schroffe und hohe, weissglänzende Gebirgsmassive des Dschachar-Gebirges, und hinter demselben hohe, schneebedeckte Gebirgsketten am Horizonte. Nach Süden zeigen sich parallele, hintereinander liegende, sanft geschwungene Kammlinien, an Höhe zunehmend und hoch hinauf den Steppentypus zeigend; in grösserer Ferne grotesk gestaltete, isolierte Bergmassive am Hoang-ho und jenseits desselben liegend. Gegen Südwesten zeigt sich die unwegsame Schlucht des Hoang-ho im Dschupar-Gebirge, ein tief eingeschnittenes Längsthal mit tannenbestandenen Gehängen erreicht sein Bett von Osten, das zwischen 500 *m* hohen, kahlen, steilen Bergwänden liegt. Keine Spur von lebenden Wesen, Weideplätzen der Nomaden oder Zeltdörfern ist in dieser Bergwildnis sichtbar.

Die Regionen westlich von der Quelle des Hoang-ho und der kleinen von ihm durchflossenen Seen schilderte Prschewalsky als typisch für den Charakter der nordtibetanischen Wüsten.

Der Boden besteht dort aus Lehm mit Sand und Kies, ist bar der Vegetation und vielfach mit weissem Salze bedeckt; nur wo sich Wasser finde, grüne etwas Gras, und auf morastigen Flächen wachse ein hartes Riedgras, das der Wind austrocknet, wie er auch den Boden durchfurcht. Die Höhenlage verursache die Bergkrankheit bei Mensch und Tier, und nur im Herbste sei eine günstige Jahreszeit mit schönem Wetter und warmen Tagen. Im Winter herrschen Fröste und Stürme ununterbrochen, auch das Frühjahr bringe noch häufig stürmische Schneetreiben, und der Sommer sei dort nass durch starke Gewitter und Regen.

Durch das Amne-matschin-Gebirge wird der Hoang-ho zu einem grossen Bogen genötigt; in etwa 5000 *m* Seehöhe steigen die schneebedeckten Gipfel dieses Gebirges noch 1650 *m* über den Flussspiegel an. Futterer bemerkt, dass am Hoang-ho die hohe Schotterterrasse am Flusse selbst und entsprechende Schotterstufen am Thalgehänge und mehrere Flussterrassenniveaus übereinander sichtbar sind, die von alten höhern Wasserständen und grössern Wasser- und Transportmassen des Flusses Kunde geben in derselben Weise, wie in der Hochterrasse des Rheinthales das heutige Flussbett vertieft ist. Auf den Hochflächen des Sche-tsche-Flussgebietes, ebenso wie weiter gegen Südwesten hin und auch im Thao-Thale aber sind in den Thälern Ablagerungen von Sandstein-, Thon und Konglomeratcharakter sehr verbreitet, horizontal oder nur geringe Störungen zeigend, nur in den breiten, wannenartigen Thälern zwischen den hohen, alten und gefalteten Gebirgsketten lagern und Zeugnis geben von der Existenz ehemaliger ausgedehnter Süsswasser-Seebecken.

»Sie nahmen,« sagt Futterer, »alle Thalbecken ein und füllten sie mit ihren Ablagerungen; erst später erfolgte ihr Abfluss und die Modellierung der heutigen Formen des Reliefs. Am Hoang-ho aber war damals zuerst wohl auch ein Seebecken, das später entwässert wurde, als der gewaltige Fluss mit grösserer Wassermenge im Laufe der Zeiten sein Bett in die früher aufgeschütteten Schottermassen vertiefte.«

Was die klimatischen Verhältnisse im Kuku-nor-Gebiete anbelangt, so sind dieselben natürlich äusserst exzessive. Bis zur zweiten Hälfte des August sank die Temperatur nachts nicht unter 0°, erreichte aber am Tage ein Maximum von 28.7° C., Niederschläge waren häufig, besonders Gewitterstürme aus NW. Am 10. September trat der erste Schneefall ein. Im Oktober kamen schon Minimaltemperaturen von — 18° vor. Die hohen Cirruswolken zogen aus WNW und W. Die kältesten Tage und Nächte fand Futterer in der Übergangszone zwischen dem Sche-tsche-Gebiete und den obern Ta-hia-Zuflüssen, sowie an der Wasserscheide zum obern Thao-ho.

»In dem Thale dieses Flusses, das gegen Norden durch hohe Gebirge sehr geschützt ist, und in dem auch die Höhenlage mit dem weitern Marsche nach Osten abnahm, machten sich wieder mildere Verhältnisse geltend. Schon bei Kloster Schin-se waren wieder schöne, warme Tage, an denen die Lufttemperatur + 18.5° C. erreichte; doch waren die Nächte meist sehr kalt. Die Niederschläge waren ganz unbedeutend. Ende November lag in Min-tschôu (2300 *m* Meereshöhe) noch kaum Schnee.

An diesen wesentlichen Unterschied der Temperaturen auf den hochgelegenen, freien Steppengebieten, die keinen Schutz der Vegetation bieten können gegen den Ansturm der kalten, ertötenden, eisigen Luftströme, und den tief eingeschnittenen, geschützt gelegenen Thalflächen am Thao-ho ist die Verbreitung des Ackerbaues und damit der festen Ansiedelungen gebunden. Die Bedingungen, welche in den obern Nebenthälern des Sining-ho bis hart an die Wasserscheide zum Kuku-nor- und Steppengebiete, den Ackerbau und Dörfer ermöglichten, finden sich erst wieder in den obersten Teilen des Thao-Thales, oberhalb von Kloster Schin-se; aber noch lange vor der Wasserscheide und dem Übergange auf die Hochsteppen hört der Ackerbau auf, und die Lehmhütten machen den Zelten der Nomaden Platz. Das tief zerschluchtete, rauhe und hochgelegene Gebiet an der Wasserscheide des Thao-ho war gänzlich von Bewohnern verlassen, deren Spuren aber an Feuerstellen zu erkennen waren.«

Über Niveauschwankungen der Seen Mittelasiens und und des westlichen Sibiriens verbreiten sich L. Berg und P. Ignatow.[1])

[1]) Isw. K. Russ. G. Ges. **36.** p. 111. Russ. Bericht darüber in Petermanns Mitteilungen. Litteraturbericht No. 145, woraus oben der Text.

Der Balkaschsee war noch in historischer Zeit mit dem Ala-kul verbunden, der Issyk-kul im Herzen des Tiën-schan zeigt deutliche Spuren des Sinkens seines Spiegels, die Tschanyseengruppe im Gouvernement Tomsk ist nach den Untersuchungen Jadrinzews während der 60 Jahre von 1820—1880 von 8300 *qkm* Oberfläche auf 3400 *qkm*, d. h. auf 60 Proz. ihrer bisherigen Ausdehnung zusammengeschrumpft, und der Hamumsee auf der Grenze von Persien und Afghanistan verlor in 14 Jahren $^1/_{15}$ seines Areals.

An diesen gut verbürgten Anzeichen weitgehender Austrocknung der Seen Innerasiens dürften auch die in obigem Aufsatze zusammengestellten interessanten Beobachtungen einer seit ca. 1880 in jenen Gebieten zu beobachtenden gegenteiligen, d. h. ansteigenden Srespiegelschwankung insofern nichts ändern, als sie wohl nur als eine mit Klimaschwankungen zusammenhängende sekundäre Erscheinung innerhalb der grossen, schon seit den jüngsten geologischen Zeitaltern sicher zu verfolgenden Austrocknungsperiode Innerasiens aufzufassen sein dürfte.

Für den Aralsee ergeben die von Berg angeführten Thatsachen ein beobachtetes Sinken des Spiegels in den Jahren 1848—1880 und ein Ansteigen von 1880 bis heute, letzteres um 178 *mm* pro Jahr. Dieses Ansteigen lässt sich genau konstatieren durch einen Vergleich der 1848 von Butakow vorgenommenen Vermessung und Zeichnung des Sees mit seinen heutigen Konturen. Der Grund dürfte in klimatischen Veränderungen zu suchen sein, welch letztere sich auch an dem Wasserstande der den Aralsee speisenden Flüsse nachweisen lassen. Dies geht hervor aus der p. 119 von Berg wiedergegebenen Tabelle der während der einzelnen Monate im Mittel an der Station Kujgunjar am Kara-Darja (einem Quellflusse des Syr-Darja) vorbeigeflossenen Wassermassen, wonach in den Jahren 1893—1898 ein stetiges Anwachsen der Wassermassen konstatierbar ist.

Die gleiche Thatsache des Ansteigens beobachtete Ignatow beim See Dengis im Gouvernement Akmolinsk. Auch bei ihm lassen sich durch Vergleich der heutigen Umrisse mit einer genauen instrumentellen Aufnahme aus dem Jahre 1889 in den verflossenen 10 Jahren grosse Veränderungen im Sinne eines Ansteigens der Wasserfläche wahrnehmen. Schliesslich beobachteten die Verfasser noch weitere 400 Werst nordöstlich des Dengissees für die Seen des Gouvernements Omsk die gleiche Erscheinung am Tekesee und dem See Selety-Dengis.

Alles in allem haben wir es im Augenblicke im Gebiete der Kirgisensteppen zwischen Aralsee und Irtysch mit einer und derselben Erscheinung zu thun, wonach in den letzten Jahren die dortigen Seen nicht wie bisher weiter einschrumpften, sondern sich momentan in einer vermutlich nur kurzen Periode des Ansteigens befinden.

Die Seespiegelschwankungen zwischen Aralsee und Baraba sind von A. Woeikow untersucht worden.[1]) Bis 1899 war es für die meisten sicher, dass in dieser beträchtlichen Zone die Seen im beständigen Sinken begriffen sind, nun mehren sich die Anzeichen, dass sie jetzt sich im Steigen befinden. Am Anfange des Jahres 1900 hielten Berg und Ignatow einen Vortrag in der K. Russ. Geogr. Ges., in dem sie eine Menge Beweise dieser Art für den Aral und einige Seen, 700—1100 *km* nordöstlich von ihm, beibrachten. In ihrer Mitteilung wurden erst die Beweise einer grossen negativen Schwankung des Spiegels des Aralsees bis 1880 zusammengestellt. Die letzten Nachrichten dieser Art stammen von Ing. Schulz.[2]) Er berechnet, dass von 1871—1880 allein im Perowskygolfe 2 Quadratwerst von Wasser entblösst wurden, dieselbe Senkung des Spiegels musste die Fläche des Aral um 200 Quadratwerst vermindern.

Als Berg 1899 den Aral besuchte, fand er allenthalben Zeichen einer grossen Steigung des Wassers. So war der Kug-Arla, welcher nach der Karte von Butakow (1848) als Insel gezeichnet ist, und welchen Schulz (1880) als Halbinsel fand, seit 1895 wieder eine Insel; in der dadurch entstandenen Strasse reichte das Wasser bis zum Gürtel, teilweise noch höher. Auch die Inseln Usun-Kaïr, Kuss Dschetpess und Tschuska-Buss der Butakowschen Karte, welche seitdem Festland geworden waren, waren 1899 wieder Inseln. An der Mündung der Syr-Darja waren vor kurzer Zeit noch Inseln, jetzt sind sie unter Wasser; es ist an der Stelle des Jos. Atrep. 0,7 *m* tief, und die Fischer stellen dort ihre Haken auf. Das Wasser des Busens Sury-Tschaganak war 1880 fast gesättigt mit Salzen, jetzt wird es von Kühen getrunken. Ein Fischer, welcher seit 1883 am Ufer wohnt, sagte, dass es die ganze Zeit stieg und jetzt $2^1/_2$ Arschin (fast 2 *m*) höher sei als 1883. Nach den Nachrichten, welche Berg von ansässigen Fischern sammelte, war das grösste Steigen 1894—1898. Er bemerkt, dass das Wasserniveau sehr wichtig für die Fischer ist, und dass sie sehr darauf achten, weshalb ihre Aussagen Vertrauen verdienen. Wegen des beständigen Steigen des Sees müssen sie ihre Häuser und Eishäuser immer wieder landeinwärts verlegen. In Ak-Beke (westlicher Teil des Sees) soll von 1894—1898 das Wasser um 36 *cm* jedes Jahr gestiegen sein. Die ganze Steigung des Sees in 18 Jahren wird von Berg zu mindestens 3 *m* berechnet, d. h. im Mittel 178 *mm* im Jahre, während Dohrandt für die Jahre vor 1875 eine mittlere Senkung von 70 *mm* berechnete.

Prof. Woeikow wollte sich überzeugen, ob sich wirklich die Wasserabnahme der Seen von den 40er bis zu Ende der 70er Jahre

[1]) Petermanns Mitteilungen 1901. p. 199.
[2]) Nivellement zwischen Aralsee und Orenburg. (Sapiski der K. Russ. Geogr. Ges. 12. Russ.)

und die Zunahme seitdem durch meteorologische Beobachtungen nachweisen lasse, und wählte dazu Barnaul in der Ebene am obern Ob (53° N. Br.), weil der Ort zwischen vielen Seengruppen gelegen ist, und weil hier ununterbrochene Beobachtungen für 62 Jahre (1838—1899) vorliegen. Die Beobachtungen hier sind die längsten in ganz Asien.

Da es sich bei den Schwankungen der Seeareale und -spiegel um eine kumulative Wirkung handelt, so fand Verfasser es angezeigt, Mittel von einigen Jahren zu nehmen. Jedoch müssen bei der Seichtigkeit der Seen Ursache und Wirkung nicht sehr voneinander abstehen, und daher wählte er fünfjährige Perioden.

Die Schwankung der Niederschläge fand sich sehr regelmässig und unerwartet gross. Sie nimmt von Anfang der Beobachtung (1838) bis Mitte der 60er Jahre ab, steigt dann wieder bis Ende der 80er Jahre und bleibt hierauf mit kleinen Schwankungen ziemlich konstant. Die rasche Abnahme der Regenmenge am Anfange deutet darauf, dass die Mitte der nassen Periode noch vor Anfang der Beobachtungen in Barnaul fällt. Jedenfalls später als 1838 kann man sie nicht annehmen. Die Mitte der trockenen Periode fällt auf die Jahre 1864—1865 (Mitte der trockensten fünfjährigen Periode). Die Mitte der zweiten nassen Periode fällt ungefähr auf das Jahr 1893. Also ganze Periode 55 Jahre, nass bis trocken $26^1/_2$ Jahre, trocken zu nass $28^1/_2$ Jahre.

Woeikow verglich diese Daten mit der Brücknerschen Periode und kommt zu folgendem Schlusse: »Die erste nasse Zeit fällt etwa 12 Jahre früher als die von ihm angenommene nasse Zeit (1850) und 8 Jahre nach seiner trockenen (1830), die trockene etwa 4—5 Jahre später als seine trockene (1860), die zweite und viel bedeutendere nasse Zeit etwa 13 Jahre später als seine nasse und zu einer Zeit, welche er zu einer trockenen rechnet. Also hier, tief in der Mitte des eurasischen Kontinents auf einer Ebene, ist wohl eine grosse Schwankung der Regenmenge, aber nur die trockene Zeit der 60er Jahre fällt mit einer Brücknerschen trockenen Zeit ungefähr zusammen, die nassen Zeiten fallen auf Jahre, welche Brückner zu den trockenen rechnet.«

Die Lufttemperatur zeigt bei weitem keine so regelmässigen Schwankungen wie die Regenmenge, man bemerkt in den fünfjährigen Perioden 6—7 Schwankungen. Ein Zusammenhang mit den Schwankungen der Regenmenge ist nicht vorhanden.

Die ostafrikanischen Seen sind von J. E. S. Moore besucht und erforscht worden. Schon 1895 hatte er den Tanganika besucht, im Mai 1899 kehrte er wieder nach Ostafrika zurück behufs Forschungen am Kivu-, Albert Edward- und Albert Nyanzasee. Über die erhaltenen Resultate gab er in der Londoner Geographischen

Gesellschaft einen kurzen Bericht.[1]) Sein Weg führte ihn den Sambesi aufwärts, zunächst in das Gebiet des Nyassa, dann zum Tanganika und über den Viktoria Nyanza und Baringosee zur Küste bei Mombasa. Der Nyassa liegt nach Moore in der südlichen Verlängerung einer Thalreihe, die auch den Tanganika umfasst, aber die Thäler dieser Seen haben keinen unmittelbaren Zusammenhang. Dasjenige des Nyassa erstreckt sich mehr oder weniger vollständig bis zum Rukwasee; aber obwohl es nur 40 Miles von der grossen Depression des Tanganika entfernt ist und ihr parallel läuft, ist es doch durch hohe Berge aus altem granitischen Gesteine davon getrennt. An diesen Bergen finden sich keine Spuren alter Seeablagerungen. Wo die Eruptivmassen, aus denen sie bestehen, die das Südende des Tanganika umgebenden Sedimentschichten durchbrechen, liegen diese Schichten horizontal und ungestört um den Fuss derselben, sind also jünger als diese.

Die aus rötlichen Sandsteinen, Konglomeraten und Quarziten bestehenden Sedimentgesteine liegen bis zu einer Tiefe von 2000 Fuss frei, erstrecken sich auf unbekannte Entfernung nach Westen hin und scheinen wenigstens einen Teil der grossen, kreisförmigen Höhlung des Kongobeckens einzufassen. Sie scheinen ferner mit den Schichten zusammenzuhängen, die sich nach Süden in den nördlichen Teil des Nyassadistriktes und weiter östlich erstrecken. Nirgends enthalten sie Fossilien und können daher den bekannten Formationen nicht angeschlossen werden; doch sind sie sicherlich die ältesten Ablagerungen dieses Teiles des Innern Afrikas, und sie werden stellenweise von jüngern Schichten diskordant überlagert.

Bezüglich des westlichen Ausflusses des Tanganika, des Lukuga, glaubt Moore, dass dieser Fluss durch einen Teil des alten Seebodens strömt, der hier eine Hebung erfahren habe. Nachdem nämlich der Fluss seinen Weg über eine anscheinend auf dem Seegrunde entstandene, aus Konglomeraten gebildete Barre gefunden hat, strömt er durch eine flache, sandige Ebene, zu den niedrigen Sandsteinhügeln, die hier den Tanganika nach Westen hin begrenzen. Die Böschung dieser Hügel folgt der Richtung des Grabens, und Moore meint, dass sie längs dieser Linie gehoben worden sind, nachdem sie einst als Fortsetzung der sandigen Ebene an ihrem Fusse einen Teil des alten Seebettes gebildet hatten. Der Lukuga fliesst durch sie hindurch in einem Einschnitte, an dessen Wänden sich 100 Fuss über dem jetzigen Flusse grosse Strudellöcher und andere Reste gewaltiger Wasserwirkung vorfinden. Nach Moore ist hier eine allmähliche Hebung der Sandsteinböschung eingetreten, in die der Fluss später sein Bett schnitt. Wahrscheinlich ist, dass der See sich früher in der Gegend des Lukuga weit nach Westen hin erstreckte.

---

[1]) The Geogr. Journal 1901. 17. p. 1. Naturw. Rundschau 1901. p. 223,

Nördlich vom Tanganika setzt sich das grosse Thal des Sees als Depression zwischen den umgebenden Hochplateaus fort; es ist 30 Miles weit mit flachen lakustren und alluvialen Ablagerungen bedeckt, die eine Euphorbia- und Grasvegetation tragen. An vielen Stellen hat der Rusisifluss in diese Schichten tiefe Einschnitte gegraben, längs deren Moore viele Reste von Mollusken des Tanganika fand. Daraus folgt, dass sich der Tanganika früher weit nach Norden erstreckt hat. Dort wird das Thal indessen von mächtigen Bergrücken durchschnitten, die in ihren Gesteinen den Hügeln der sie umgebenden Plateaus gleichen. Auf diesen sind keine Spuren von Landseeablagerungen zu finden. Sie bilden einen natürlichen Damm, der an seiner andern Seite die Wasser des Kivusees bis zu fast 5000 Fuss Höhe aufstaut. Der Rusisi, der aus dem Kivu in den Tanganika fliesst, bahnt sich hier in steilen Schluchten seinen Weg in das 2000 Fuss tiefer liegende Tanganikathal.

Die Ufer des Kivusees werden von einer Fortsetzung der grossen Tanganikadepression gebildet, der sich zwischen einer ununterbrochenen Reihe eruptiver, granitischer Plateaus bis zum Albert Nyanza zieht.

Aus dem vorhergehenden ergiebt sich, dass das Thal des Tanganika, obwohl es zu derselben Wasserscheide gehört, physikalisch nicht mit dem des Kivu in Verbindung steht, auch nie in solcher mit ihm gestanden hat. Daher stellt der Kivu sozusagen eine Depression dar, die bis zum Rande gefüllt ist, und sein Abflusskanal, der Rusisi, hat in seinem obern Teile ganz das Aussehen, als ob er eine geologisch sehr junge Bildung sei. Diese sonderbare Fülle des Kivu und auch seine gegenwärtige Verbindung mit der Wasserscheide des Tanganika sind nach Moore die unmittelbare Folge ungeheurer geologischer Veränderungen, die in der nördlichen Fortsetzung des heutigen Seethales vor sich gegangen sind und noch immer vor sich gehen.

Das dortige vulkanische Gebiet wurde zuerst von Götzen, später von Bethe und zuletzt von Grogan besucht. Die Vulkane sind interessant, nicht nur wegen ihrer grossen Entfernung vom Meere, sondern auch weil sie zu den grössten, thätigen Kegeln in der alten Welt zählen. Die beiden thätigen Vulkane der Reihe sind auch deshalb von Interesse, weil sie sozusagen von embryonischem Charakter erscheinen, indem ihre Form denjenigen Zustand darstellt, wie die alten Wände des Monte Somma, die den heutigen thätigen Kegel des Vesuvs umgeben.

Sicherlich befindet sich der grössere dieser beiden thätigen Vulkankegel, der Kirungu-cha-gungo, noch unter denselben Verhältnissen, die durch den ersten Ausbruch hervorgerufen wurden. Es ist ein einziger ungeheurer Kegel mit einem kreisförmigen, ununterbrochenen Kamme, der an dem von Moore erreichten Punkte 11350 Fuss hoch ist. Dieser Rand umschliesst eine kreisförmige

Kraterhöhlung von über einer englischen Meile im Durchmesser. Sie war voll Dampf und Rauch, so dass Beobachtungen über die Beschaffenheit des Kraterbodens oder der Innenwände nicht angestellt werden konnten. Nach dem Geräusche zu urteilen, das herabrollende Steine verursachen, muss indessen der Krater sehr tief sein.

Der zweite Vulkan, der Kirungu-ndogo, der wenigstens 11000 Fuss Höhe besitzt, wurde auch schon von Götzen beschrieben. Er ist zur Zeit thätig, und die frischen Lavaströme um seinen Gipfel stossen glänzende, weisse Dampfstrahlen aus.

Die Linie der Aktivität dieser Vulkane liegt quer zur Axe des grossen Seenthales. Die Aktivität scheint von Osten nach Westen gerückt zu sein; denn im Osten der thätigen Kegel giebt es eine Anzahl hoher, erloschener Berge, von denen einer oft mit Schnee bedeckt ist und eine Höhe von nicht weniger als 14000 Fuss erreicht. Die Krater dieser ältern Vulkane sind mit den Produkten sekundärer Eruptionen angefüllt, welche ihre heutigen Gipfel bilden. Im Süden ziehen sich die Aschen- und Lavaströme zum Kivusee hinab, dessen nördliches Ufer sie bilden. Im Norden erstrecken sich ähnliche Aschen- und Lavaströme viele Meilen in das Thal hinab und erreichen stellenweise die niedrigen Ebenen, welche die Südufer des Albert Edwardsees begrenzen.

So beschaffen ist der jetzige vulkanische Damm, der den Kivu auf seinem heutigen, abnormen Niveau erhält.

Den Ausfluss nach Süden, den Rusisi, hält Moore für eine geologisch neue Bildung, so dass die Verbindung des Kivu mit dem Tanganika und der Wasserscheide des Kongo von ganz jüngerem Ursprunge sein würde.

Die zoologischen Befunde stehen mit dieser Anschauung durchaus im Einklange. Moore hat die Seen und Ablagerungen nördlich von den Vulkanen, im Gebiete des Albert Edward- und des Albertsees, untersucht und festgestellt, dass der Kivu wirklich den Seen an der Wasserscheide des Nils angehörte. Die nördlichen Ebenen sind sehr ähnlich denjenigen, die sich im Norden des Tanganika erstrecken; sie sind in ähnlicher Weise aus Aluvium und lakustren Sedimenten zusammengesetzt und verschwinden unter den vulkanischen Massen im Süden.

Es befand sich also vor der Bildung des jetzigen vulkanischen Dammes nördlich davon Wasser, dessen Bevölkerung der des Kivusees ähnlich und also völlig ungleich derjenigen des Tanganika im Süden war, und hier fand Moore, dass der Albert Edwardsee eine Fauna enthielt, welche im ganzen mit derjenigen des Kivu identisch ist.

Der Kivu- und der Albert Edwardsee stehen also in faunistischem Zusammenhange, und die alte physikalische Verbindung ihrer Becken wird durch die alluvialen und lakustren Seeablagerungen dargestellt, die unter dem jungen vulkanischen Damme liegen. Ausserdem findet sich, dass längs der Ufer des Albert Edward Nyanza sich zahlreiche

Beweise für ein bedeutendes Sinken des Wasserniveaus vorfinden. Im Norden ist der See jetzt von einer Reihe niedriger Klippen und tiefer Sümpfe begrenzt; jene bestehen teils aus alten Seeablagerungen, teils aus vulkanischer Asche. Im allgemeinen liegt die Asche über den Sedimenten, und beide zusammen sind nach dem Sinken des Wasserspiegels durch die Brandung des Sees erodiert worden. Die Sedimente in den Klippen enthalten Molluskenschalen, welche denen der jetzt in dem See lebenden Tiere gleichen. Das Thal des Semlikiflusses, das sich bis zum Albert Nyanza erstreckt, besteht ganz aus diesen mehr oder weniger jugendlichen Ablagerungen, die heute mit Wald und reicher Sumpfvegetation bedeckt sind. Daraus ergiebt sich, dass der Albert Edward Nyanza sich früher bis zum Albert Nyanza erstreckt oder mit ihm im Zusammenhange gestanden hat. Die Fauna des Albertsees stimmt mit derjenigen des Kivu- und Albert Edwardsees überein.

Sonach lehren die zoologischen Befunde, dass der ganze Boden des Grabens vom Süden des Kivu bis zum Norden des Albertsees, in einer Erstreckung von 350 Miles, einst von Wasser bedeckt war, und dieses stets dieselbe typische Süsswasserfauna beherbergt hat, welche heute die drei dort bestehenden Seen bevölkert. Diese Fauna ist von der des Tanganika ebenso verschieden, wie die des Rukwa und Nyassa im Süden. Der Teil des Grabens, der nördlich vom Kivu liegt, gehört noch zur Wasserscheide des Nils; aber der Kivu ist durch den jungen vulkanischen Damm davon abgeschnitten worden. Mit dem Tanganika kann der Kivu nicht seit lange in Verbindung gestanden haben, da er sonst mit den Gliedern der Tanganikafauna besetzt worden wäre.

Es ergiebt sich also, dass die ursprüngliche Verbindung des Tanganikasees mit dem Meere nicht längs des Verlaufes der Grabenthäler bestanden hat; Moore vermutet dagegen, dass dieser See sich früher in der Richtung des Lukuga nach Westen ausgedehnt habe. Eine Ausdehnung von etwa 80 Miles würde den See mit dem grossen Kongobecken, das zu einem grossen Teile einst vom Meere bedeckt gewesen ist, in Verbindung bringen.

Die Seen Patagoniens behandelte J. B. Hatcher.[1]) Er unterscheidet Seen, tektonischen, glazialen und residualen Ursprunges. Zu den Seen tektonischen Ursprunges gehören die grossen Wasserflächen, die sich auf der Linie des 72.° w. L. südlich vom 46.° s. Br. aneinanderreihen, die Seen Argentino, San Martin, Pueyrredon; sie reichen mit ihren westlichen, stark zerrissenen Teilen tief in die östliche Seitenkette der Anden hinein, von welcher Gletscher zu ihnen herunterreichen. Diese Seen verdanken ihre Entstehung der ungleichen Schichtenfaltung, die während des Aufsteigens der süd-

[1]) Bulletin Geograph. Soc. Philadelphia. Dezbr. 1900.

lichen Anden in der spätern Tertiärzeit stattgefunden hat. Östlich von dieser Seenreihe und bereits ausserhalb der Anden-Vorhügel geht eine zweite von Nord nach Süd, deren Glieder — wie Laguna Blanca, Cardiel, Colhue und Musters — kleiner sind als die in der ersten Reihe; diese sind nach Hatcher glazialen Ursprunges, entstanden aus dem Abdämmen vorglazialer Entwässerungswege durch Glazialgeröll während des Zurückweichens der Gletscher, die beim Schlusse der dortigen Eiszeit die betreffenden Thäler einnahmen. Über die Entstehungsursache dieser beiden Seensysteme ist wohl auch sonst kein Zweifel gewesen, wohl aber über die Bildung des dritten Systems, der zahlreichen Salzseen, die über die ganze patagonische Ebene von Bahia Blanca bis zur Magellan-Strasse zerstreut liegen. Dr. O. Nordenskjöld ist der Meinung, dass das Salz dieser Seen nicht direkt aus dem Meere herrührt, sondern daher, dass sie keinen Abfluss haben, und aus der Zuführung von Salz durch das von den umgebenden Felsen hineinfliessende Wasser. Hatcher wendet sich gegen diese Theorie und meint, dass diese von ihm Residualseen genannten, ausserordentlich flachen, aber streng umgrenzten und oft sehr ausgedehnten Gewässer ihr Salz hauptsächlich aus dem Meere bekommen haben; sie seien aus Wasserflächen entstanden, die während des allgemeinen Aufsteigens am Schlusse der Tertiärzeit vom offenen Meere abgeschnitten worden wären; sie wären also keine ehemaligen, durch Ausdunstung salzig gewordenen Süsswasserseen. Hatcher führt für seine Theorie noch eine Reihe von Beobachtungen ins Feld, auf die wir hier nur verweisen können.

12. Gletscher und Glazialphysik.

Über die Erscheinungen, welche einem Gletschervorstosse vorangehen, verbreitete sich Prof. Finsterwalder auf dem 13. deutschen Geographentage.[1]) Seit Ende des Jahrhunderts haben sich Erscheinungen gezeigt, welche auf einen Vorstoss der Gletscher hinweisen. Wenn man einen Versuch der Einteilung der Gletscherbewegung machen wolle, so könne man sie in rasch veränderliche und langsam veränderliche einteilen. Es kann das Gleichgewicht dadurch gestört werden, dass der Nachschub vermehrt, der Abfluss vermindert wird, also das Volum sich vermehrt und allmählich wieder ein Gleichgewicht erreicht wird. Nicht unwahrscheinlich ist, dass dieser Typus den langsam veränderlichen angehört; beobachtet ist dieser bisher nicht. Bei den rasch veränderlichen zeigt die Zunge flache, schmutzbedeckte Flächen, in der Höhe auf dem Firnfelde tritt eine schwache Schwellung auf, die mit ungewöhnlicher Schnelligkeit herabgeleitet, wie etwa ein Hochwasser schneller sich fortpflanzt, als das Wasser selber sich bewegt. Beim Suldenferner zeigten

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1901. p. 316.

sich z. B. recht interessante Erscheinungen, die ein beachtenswertes Licht auf die Gebirgsbildung werfen. In der Zeit von 1890—1898 haben sich bei demselben 5—6 parallele Kämme gebildet, die sich trotz Abschmelzung sehr stabil halten. Durch Messungen am Gliederferner und am Vernagtferner hat Finsterwalder sehr bedeutende Veränderungen der Geschwindigkeit des Vorstosses festgestellt. Daraus ergaben sich wärend der Beobachtungszeit von 1889 bis 1900 Bewegungen von 17—200 *m*. Dass die Messungen und Beobachtungen richtig sind, und dass der Vorstoss in der mitgeteilten Weise stattgefunden hat, beweisen die Aufnahmen der Längsprofile. Die Kontrolle der Geschwindigkeit sei ein Mittel, um den Vorstoss zu beobachten und festzustellen. Die Untersuchungen wären nicht möglich gewesen, wenn sich nur einzelne ihnen widmen wollten. Nur eine grosse Kooperation (wie der Alpenverein) sei dazu in der Lage.

Der Rhonegletscher im Sommer 1900. Am 23. Juli jenes Jahres stürzte in Dreiviertelhöhe des Gletscherkataraktes etwa 300 *m* über dem Fusse des gewaltigen Absturzes auf dessen rechtem Ufer ein grosses Stück der Eisdecke zusammen. Dadurch eröffnete sich ein Einblick auf den Felsen, über den man den Gletscherbach in prächtigem Wasserfalle hinunterstürzen sah. Am Abende des 25. August brach der ganze Eisstreifen ein, der längs dem am 23. Juli schon entstandenen Loche an der rechtsufrigen Felswand hing, und stürzte als gewaltige Eislawine nach. Das Stück bildete bei 130 *m* Breite, 100 *m* Länge und etwa 4 *m* Stärke eine Eismasse von über 25 000 *cbm* nach den Schätzungen des Augenzeugen Ingenieurs Held. Der unterhalb liegende Teil des Gletschers wurde von den niederstürzenden Eismassen rein und glatt gefegt. Viele Blöcke wurden, bis sie unten in dem flachen Rhoneboden ankamen, beinahe zu gewaltigen Kugeln von etwa 20 *cbm* abgescheuert. Die Lehren aus diesen Vorgängen am Rhonegletscher fast Forel in folgende drei Punkte zusammen: 1. Die Eisdecke, die den Gletscherkatarakt bildet, ist nicht sehr mächtig, wie man bisher annahm, sondern kaum 5 bis 10 *m* stark, wenigstens an den Stellen, die im Laufe des hinter uns liegenden Sommers barsten. 2. Der Gletscher schleift die Granitfelsen sehr wenig ab, über die er als Eissturz niederfällt; denn die hier sichtbar gewordene Felswand dient seit der Eiszeit ununterbrochen als das Bett eines Eisstromes, der sich mit der ganz ungewöhnlichen Geschwindigkeit von etwa 150 *m* im Jahre bewegt. Und doch scheint sie fast nicht verändert; sie tritt kaum zurück hinter die Flucht der nicht mit Eis bedeckten Felspartien rechts und links vom Gletscher. 3. Der Gletscherbach verändert leicht seinen Lauf unter der Eisdecke.[1])

[1]) 216. Beilage zur Allg. Ztg.

Gletscherspuren in den Abruzzen hat Prof. Kurt Hassert gefunden.[1]) Sie sind von besonderem Interesse durch ihre Verquickung mit ausgesprochenen Karsterscheinungen. Die Zirkusbildungen, welche den Anfang jedes Thales bilden, sind aus echten Dolinen hervorgegangen; früher müssen sich auch vielfach Einsturzseen vorgefunden haben, die aber infolge des durchlässigen Kalkbodens längst verschwunden sind. Moränen, sowohl Grund-, wie Seiten- und Stirnmoränen, lassen sich noch an sehr vielen Punkten nachweisen.

Ehemalige Gletscher in den Südkarpathen. Schon vor mehr als 20 Jahren hat Lehmann über Eiszeitspuren in den Südkarpathen berichtet, doch wurde seine Behauptung angefochten. Im Jahre 1899 hat E. de Martonne einen Teil dieses Gebietes genauer durchforscht und zum Teil aufgenommen, nämlich die Hochregion des Parengmassivs, und über die Ergebnisse dieser Arbeit berichtet S. Puchleitner.[2])

Das zumeist aus krystallinischen Gesteinen bestehende Gebirge, über dessen Kamm die Grenze zwischen Ungarn und Rumänien verläuft, erreicht im Verfu Mandra mit 2529 *m* seinen höchsten Punkt und sinkt auch in den Übergängen nirgends unter 2100 *m* herab. Sein Kamm wird besonders auf der Nordseite von zahlreichen Karen gegliedert, welche auf der österreichischen Spezialkarte nur teilweise dargestellt sind. Die in den Nordabhang eingesenkten besonders typischen Zirken von Găuri und Glăcescu bilden den Gegenstand der von de Martonne unternommenen topographischen Aufnahme im Massstabe 1:10 000. Die schöne, sorgfältig ausgeführte Karte wurde im Februar 1900 mit einem erklärenden Texte unter dem Titel: „Le levé topographique des cirques de Găuri et Gălcescu“ im Buletinul Societății Inginerilor și Industriașilor de Mine (Bucarest) veröffentlicht. Nachdem der Verfasser darin über die Umstände und die Art seiner Arbeit bei Durchführung der topographischen Aufnahme berichtet und die von ihm verwendete Nomenklatur begründet hat, bespricht er die morphologischen Ergebnisse dieser Aufnahme und gelangt, indem er die Beweiskraft der verschiedenen Eiszeitspuren für eine ehemalige Vergletscherung erörtert, zu einer rein morphologischen Definition des Zirkus. Im gleichen Jahre liess de Martonne zwei grössere, zusammenfassende Aufsätze erscheinen: „Contribution à l'étude de la période glaciaire dans les Karpates méridionales“ im Bull. de la Soc. Géol. de Fr. 1900, **28.** p. 275—319 und: „Recherches sur la période glaciaire dans les Karpates méridionales“ im Bull. de la Soc. des Sciences de Bucarest 1900. **10.** Nr. 4. p. 1—60. Auch hier geht der

[1]) Globus **79.** p. 35.
[2]) Mitteil. k. k. Geogr. Ges. in Wien 1901. **44.** p. 124 ff.

Verfasser von derselben Diskussion aus, um die dadurch gewonnenen allgemeinen Gesichtspunkte bei der Deutung seiner im Parengmassiv wie in andern Teilen des Gebirges gemachten Beobachtungen zu verwerten. Dann stellt er die Ausdehnung der alten Vergletscherung in den Gebirgsmassiven der Südkarpathen fest, bespricht die Anzahl der Eiszeiten, welche sich aus den aufgefundenen Gletscherspuren ergeben, und die Höhenlage der ihnen entsprechenden Schneegrenzen.

De Martonne kommt zu folgenden allgemeinen Ergebnissen:

1. Der Zirkus ist ein mindestens ebenso sicherer Beweis der Vergletscherung wie Moränen, Schrammen und Rundhöcker. Er erhält sich nicht nur länger als alle andern Eiszeitspuren, sondern giebt auch Aufschluss über die Art der Vergletscherung. Er ist ein Zeichen für die Existenz von Kar- oder Hängegletschern, deren Ausdehnung er mit ziemlicher Sicherheit festzustellen gestattet.

2. Die Formen des Hochgebirges verdanken ihre Entstehung oft der Gletscherwirkung. Das ist eine charakteristische Thatsache für Gebirge, welche wie die Karpathen nur hier und da in jene Höhenzone hineinragen, wo man gegenwärtig alpine Formen erwarten dürfte. Sie sind an die Existenz der alten Gletscher gebunden, welche die verschiedenartige Beeinflussung des Bodens durch die äussern Agenzien bewirkten. Dort, wo die Region der Eiswirkung mit jener der Luft- und Wasserwirkung zusammenstiess, findet sich immer ein auffallender Gefällsbruch.

Nach diesen die Kare betreffenden Erwägungen scheint die Annahme gerechtfertigt, dass jene Teile der Karpathen, welche Hochgebirgsformen aufweisen, eine Vergletscherung trugen, für welche jede einigermassen deutliche orographische Individualität ein lokales Zentrum bildete.

Im Pareng sind die zahlreichsten und schönsten Zirken nach N. geöffnet. Zwei haben Ostexposition. Mehrere sind von kleinen Seitenzirken begleitet. Einige Kare öffnen sich nach S.; doch sind fast alle bedeutend kleiner, und manche nähern sich in ihrer Form bereits dem Erosionstrichter. Es scheint gewiss, dass der Nordabhang des Pareng, der mit einem grössern Areale seiner Oberfläche in Höhen über 2000 *m* hinaufreicht als der Südabhang, intensiver vergletschert war als dieser, wo sich Gletscher nur in geschützten Lagen entwickeln konnten.

Nordwestlich vom Parenggebirge liegt das Massiv des Retiezat, seine Gipfel sind niedriger als die des Pareng, aber an mittlerer Höhe dürfte es diesen übertreffen. Gegen Süden durch das Vulkangebirge gedeckt, waren seine Gletscher auf der Südseite wahrscheinlich ebenso bedeutend wie auf der Nordseite. Am Südabhange findet man hier sogar die grossartigsten und am meisten zusammengesetzen Zirken, die grössten und tiefsten Seen. Wie der Pareng besteht es aus krystallinischen Gesteinen von noch einförmigerer

geologischer Zusammensetzung. Seinen alpinen Charakter dankt es allein der Eiswirkung.

Nördlich von beiden Gebirgen dehnt sich eine ebenfalls krystallinische Region aus, welche manchmal unter dem Namen Mühlbachergebirge zusammengefasst wird. In den Gruppen des Surian (2061 *m*), des Cindrelu (2245 *m*) und des Steffleste (2251 *m*) giebt es Zirken mit Seen. Einer derselben wurde von Lehmann beschrieben, welcher hier sogar eine typische Stirnmoräne entdeckt zu haben glaubte. Besonders zahlreich scheinen die Eiszeitspuren im Westen des Retiezat zu sein. Hier erinnern der Sarco (2190 *m*), Muntemicu (1806 *m*), Boeresco (2160 *m*), Scărisoara (2223 *m*) und Paltinu (2145 *m*) ganz auffallend an die charakteristische Topographie des Parenggebirges. Alle Hochgipfel bestehen auch hier aus krystallinischen Schiefern. Die Zirken sind im allgemeinen auf dem Nordabhange mehr entwickelt.

In den Fogarascher Alpen fand de Martonne die schönsten Gletscherschrammen, die er bis dahin in den Karpathen gesehen hatte.

Das Vordringen des nordischen Inlandeises in die Grafschaft Glatz in Schlesien behandelte auf Grund eigener Studien E. Dathe.[1]) „Die Grafschaft Glatz stellt ein ausgezeichnetes Kesselland dar, das sich in seiner Mitte bei der Stadt Glatz bis zu 300 *m* Meereshöhe vertieft und allseitig von hohen Gebirgszügen umrahmt wird. Diese Randmauern erheben sich vom Innern des Kessels terrassenförmig, sind vielfach zertrümmert und unterbrochen, so dass man von verschiedenen Seiten durch scharf ausgeprägte Engpässe Zutritt in dasselbe hat. Die von den Gebirgszügen herabfliessenden Gewässer, nämlich die Reinerzer Weistritz, die Steine und die Landecker Biele vereinigen sich bei Glatz mit der Neisse, die von S. her den tiefsten Teil des Geländes durchströmt, aber unterhalb Glatz in nordöstlicher Richtung das vorgelagerte paläozoische Warthaer Gebirge durchbricht und jenseits des Warthaer Passes in ebener Landschaft der Oder zufliesst. Das nordische Inlandeis drang von NO. her bis zum östlichen Fusse des Warthaer Gebirges vor, wo seine Grundmoräne bis zu 300 *m* Meereshöhe abgelagert ist. Die Minimalmächtigkeit des Eisrandes in diesem Striche muss mindestens auf 250 *m* veranschlagt werden, weil in einer Entfernung von kaum 1—2 *km* auf den Einsattelungen des Warthaer Gebirges und auf seiner Wasserscheide zwischen Niklasdorf und Wiltsch in einer Höhe von 560 *m* von Dathe bereits im Jahre 1883 zahlreiche grosse, erratische Blöcke von nordischen Graniten und Gneissen gefunden wurden. Die Maximalmächtigkeit des Inlandeises ist hier gewiss auf mindestens 400 *m* zu veranschlagen, weil die in die Grafschaft Glatz eingedrungenen Gletscher-

[1]) Zeitschr. d. deutschen Geolog. Gesellschaft 52. Protokoll p. 68.

zungen solche Höhen erstiegen haben, die eine derartige Mächtigkeit des Eisrandes wegen der notwendigen Druckverhältnisse beanspruchen.

Dem Inlandeise gewährte das Thal der Glatzer Neisse bei Wartha noch den bequemsten Zugang in die Grafschaft Glatz; freilich ist auch die Pforte bei Wartha recht schmal und eng gewesen. Westlich von Wartha erweitert sich das Thal; in seiner breiten Thalwanne folgt die Hauptgletscherzunge in einer Längserstreckung von über 20 *km* bis westlich von Glatz, wo mächtiger Geschiebelehm mit zahlreichen nordischen und einheimischen geschrammten und gekritzten Geschieben als Grundmoräne in grosser Ausdehnung unter dem Lösslehme verbreitet ist. Der zurückgelegte Weg dieser Hauptgletscherzunge ist im Neissethale durch einzelne grosse erratische Blöcke, Partien von diluvialen Sanden und Geschiebelehm noch jetzt gekennzeichnet.

Von dem Hauptgletscherarme des Neissethales zweigte sich nach NW. bei Giersdorf eine breite Gletscherzunge ab (der nordwestliche Gletscher).

Dem Hauptarme desselben, dessen Grundmoräne als Geschiebelehm bis zu 10 *m* Mächtigkeit bei Gabersdorf erhalten blieb, stellten sich in seinem Vorrücken nach NW. durch die dort entwickelten höhern Geländestufen (470 *m* Meereshöhe) unüberwindliche Hindernisse entgegen. Hier stand das Gletschereis wohl längere Zeit fest, wich schliesslich nach W. aus und folgte dem Thale des Ober-Gabersdorfer Wassers bis in das Thal des Credenzbaches bei Klein-Eckersdorf. Die Geschiebelehmpartien bei Vorwerk Neuhof und bei den Abbauen von Rothwaltersdorf lassen als von der nachträglichen Erosion verschont gebliebene Reste der Grundmoräne den 10 *km* langen Weg des vorgeschobenen Gletschereises erkennen; sie liegen 380—400 *m* hoch. Bis hierher wurde der Gletscher von 300 *m* Meereshöhe bei Giersdorf um 100 *m* hoch vorgeschoben, während er in seinen Flanken östlich von Gabersdorf bei den Feldhäusern sogar 130 *m* höher stieg, als bei seinem Ausgangspunkte bei Giersdorf; demnach musste das Inlandeis, von dem die Bewegung ausging, und dessen Unterkante bei 300 *m* Meereshöhe am Gebirgsrande lag, mindestens 400 *m* Maximalmächtigkeit besitzen.

Das über 40 *m* tiefe und verhältnismässig breite Thal des Credenzbaches lenkte unterhalb Rothwaltersdorf den Lauf des Gletschers aus seiner bisherigen Westrichtung in eine südliche ab. Nicht zahlreiche und nur kleine Partien von Geschiebelehm bezeichnen seinen Weg bis nach Schwenz, wo südlich des Ortes an der Chaussee bis zu den Krähenhäusern eine grössere Geschiebelehmpartie sich erhalten hat. Das Inlandeis hatte nun das alte Steinethal erreicht. Im Bette des Steineflusses ladet der Gletscher sein Material ab, das uns teilweise in grossen nordischen Blöcken in den Steineschottern aufbewahrt ist.

Der nordwestliche Gletscher legte somit von Giersdorf bei Wartha bis nach Niedersteine einen Weg von 16 *km* zurück. Die Form des zurückgelegten Weges lässt sich auf einen zwar im einzelnen noch vielfach gebogenen Halbkreis zurückführen, der im O., N. und W. den 516 *m* hohen Schwenzerwald umspannt, so dass diese Bergkuppen aus dem vordringenden Inlandeise hervorragten und sog. Nunatakr bildeten; da jedenfalls auch die Südseite des Schwenzerwaldes von einem Eisarme, der von Mühldorf aus über Wiesau nach den Lehdenhäusern vom Neissegletscher sich abzweigte, umgeben war.

Vom Inlandeise drangen kleinere Gletscherzungen in die vorhandenen Thäler des Warthaer Gebirges bei Herzogswalde, Niklasdorf und Briesnitz ein und schoben sich bis zu den Pässen, welche in die Grafschaft führen, vor. In gleicher Weise ist eine andere Gletscherzunge des Inlandeises von dem heutigen Reichenstein aus der Tiefenlinie zwischen Warthaer und Reichensteiner Gebirge gefolgt, da in dieser westlich des Neudecker Passes noch grosse nordische Blöcke beobachtet wurden, so dass auch von hier aus eine Invasion des Inlandeises anzunehmen ist."

Die Vergletscherung des östlichen Spitzbergens während der Eiszeit ist von Prof. G. de Gur studiert worden.[1]) Es ergiebt sich, dass nicht allein der Storfjord, sondern auch dessen submarine, von den Tiefenlinien bezeichnete Fortsetzung einst mit einer Inlandeisdecke von gewaltiger Ausdehnung angefüllt gewesen ist. Ferner: dass die ehemalige Vereisung des Storfjords nicht nur das eigentliche Fördenbecken ausgefüllt, sondern auch dessen Ufer bis zur Höhe von mindestens 340 *m* überschwemmt hatte. Wahrscheinlich sind jedoch einige im Norden und Nordosten angrenzende, über 500 *m* hohe Berge dabei vom Eise überschritten worden, so dass das Eis quer über die gegenwärtige, vielleicht nicht mehr so hoch liegende Wasserscheide nach Westen abgeschlossen ist. Auf jeden Fall muss das Inlandeis sogar draussen an der Mündung des Storfjords von sehr beträchtlicher Mächtigkeit gewesen sein, die in anbetracht der Tiefe der Förde wenigstens 600 und wahrscheinlich über 700 *m* betragen haben muss.

Die Ursache, weshalb das Inlandeis sich innerhalb der östlichen Teile Spitzbergens anhäufte und nicht genügenden Abfluss nach SO finden konnte, obwohl der in Betracht kommende mächtige Sund sich in dieser Richtung so stark erweiterte, kann, wie in Nordeuropa, nur in einer mächtigen Ausbildung des Packeises auf dem Meere und besonders auf dem Barentsmeere südöstlich von Spitzbergen zu suchen sein. Eine derartige Packeisbildung müsste zuletzt

[1]) Geol. fören. Stockholm förh. 22. Heft 5. Bericht darüber nach Potoniés naturw. Wochenschrift 1901. p. 7, woraus oben der Text.

den Abfluss des Inlandeises nach dieser Richtung wesentlich erschweren und dasselbe zwingen, sich quer über die hemmenden Landrücken oder wenigstens über die Passpunkte derselben hinweg einen Weg nach SW, nach dem um diese Zeit wahrscheinlich eisfreien Wasser des Atlantischen Ozeans zu bahnen.

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Über die neu entdeckten Gase der Atmosphäre verbreitete sich Professor Ramsay in der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu London.[1]) Er glaubte anfangs, ausser dem Xenon noch ein neues Gas, das Metargon, entdeckt zu haben, doch war dies ein Irrtum. Um die schwerern Gase Krypton und Xenon zu erhalten, liess Ramsay eine grosse Menge flüssiger Luft ruhig verdampfen. Der Rückstand wurde von Sauerstoff und Stickstoff befreit und lieferte dann ein Gemisch von Krypton, Xenon und Argon, wobei das letztere bei weitem den grössten Teil des Gases bildete. Dieses Gemisch wurde verflüssigt, indem man es in eine Kugel fliessen liess, die in flüssige Luft getaucht war, das Argon wurde entfernt, sobald die Temperatur stieg, während Krypton nnd Xenon zurückblieben. Durch häufige Wiederholung dieses Prozesses gelang es schliesslich, die drei Gase voneinander zu trennen. Während Krypton eine beträchtliche Dampfspannung bei der Temperatur der siedenden Luft hat, ist der Dampfdruck des Xenons kaum merklich, und dies lieferte ein Mittel, zuletzt auch diese beiden Gase voneinander zu trennen.

Beim Neon war das Darstellungsverfahren verschieden. Der Luftverflüssigungsapparat lieferte zunächst einen Vorrat von flüssiger Luft; das aus dem Apparate entweichende Gas war grösstenteils Stickstoff. Dieses Gemisch wurde in einer Kugel verflüssigt, die in die flüssige Luft tauchte, welche die Maschine lieferte. Sobald die Kugel mit flüssigem Stickstoffe gefüllt war, wurde ein Luftstrom so lange durch die Flüssigkeit getrieben, bis etwas von dem Gase verdampft war, dieses wurde gesammelt und vom Sauerstoffe durch Leitung über rotglühendes Kupfer befreit. Es enthielt nun den Hauptteil des Neons und das in der Luft vorhandene Helium. Der Rest des Stickstoffes wurde der flüssigen Luft zugesetzt, die zur Abkühlung der Kugel diente, in welcher der Stickstoff verdichtet wurde. Nachdem eine beträchtliche Menge dieses leichten Stickstoffes erhalten worden, wurde sie in üblicher Weise von diesem Gase gereinigt, und das Helium und Neon enthaltende Argon verflüssigt. Durch fraktionierte Destillation war es möglich, den grössten Teil des Heliums und Neon aus diesem Gasgemische zu entfernen, während das Argon zurückblieb. Zahlreiche Versuche

[1]) Proceedings Roy. Soc. 1901. 67. p. 329.

wurden angestellt, um das Helium vom Neon zu trennen. Dabei verwendete Ramsay die fraktionierte Lösung in Sauerstoff, welcher eine systematische Diffusion der beiden Gase folgte; aber es stellte sich nicht als möglich heraus, die Dichte des Neons über die Zahl 9.16 zu steigern; sein Spektrum zeigte auch noch Heliumlinien. Erst als flüssiger Wasserstoff mittels eines Apparates, den Travers ersonnen, in Menge erzeugt worden war, glückte die Trennung. Das Neon war bei der Temperatur des siedenden Wasserstoffes verflüssigt oder erstarrt, während das Helium gasförmig blieb. Wenige Fraktionierungen dienten dann dazu, reines Neon zu erzeugen.

Diese Gase sind alle einatomig; dieses wurde bewiesen durch die Bestimmung des Verhältnisses ihrer spezifischen Wärmen nach Kundts Methode. Die physikalischen Eigenschaften, welche ermittelt wurden, enthält folgende Tabelle. In derselben bezeichnet A das Brechungsvermögen (Luft = 1), B die Dichte (O = 16), C den Siedepunkt bei 760 *mm*, D die kritischen Temperaturen, E den kritischen Druck, F das Verhältnis der Dampfdrucke, G das Gewicht von 1 *ccm* Flüssigkeit, H das Molekularvolum. Die Temperaturen sind absolute, der Druck ist in Metern, das Gewicht in Grammen ausgedrückt.

	Helium	Neon	Argon	Krypton	Xenon
A	0.1238	0.2345	0.968	1.449	2.364
B	1.98	9.97	19.96	40.88	64
C	?	?	86.9°	121.33°	163.9°
D	?	unter 68°	155.6°	210.5°	287.7°
E	?	?	40.2	41.24	43.5
F	?	?	0.0350	0.0467	0.0675
G	?	?	1.212	2.155	3.52
H	?	?	32.92	37.84	36.40

Die Zusammendrückbarkeit dieser Gase wurde bei zwei Temperaturen gemessen, nämlich bei — 11.2° und — 237.3°; der Wert von P.V (Druck mal Volum) eines idealen und vollkommenen Gases ist bei 11.2° = 17.710 *m.ccm* und bei 237.3° = 31.8000; allerdings nur unter der Annahme, dass das Produkt konstant bleibt, welches auch die Änderung des Druckes ist. Beim Wasserstoff wächst das Produkt bei 11,2° mit der Steigerung des Druckes; bei Stickstoff nimmt es, nach Amagat, zuerst wenig ab und wächst dann langsam. Bei Helium ist die Zunahme schneller als bei Wasserstoff; bei Argon findet man anfangs keine beträchtliche Abnahme, dann bei sehr hohen Drucken eine mässige Zunahme, obwohl das Produkt bei 100 Atmosphären Druck den theoretischen Wert nicht erreicht; beim Krypton ist die Änderung mit steigendem Drucke eine noch ausgesprochenere Abnahme, und bei Xenon ist die Abnahme sehr plötzlich. Bei höhern Temperaturen sind die Ergebnisse schwieriger zu verstehen. Während Stickstoff einen nahezu konstanten Wert für P.V behält, nimmt dieser beim Helium schnell ab, dann aber zu, und dieselbe Eigentümlichkeit wird bei den andern Gasen bemerkt.

Die Spektra dieser Gase sind von E. C. C. Baly mit einem Rowlandschen Gitter sorgfältig gemessen worden, und die Resultate dieser Messungen werden in kurzem veröffentlicht. Es mag bemerkt werden, dass die Farbe einer Neonröhre ungemein glänzend und orangerot ist; sie gleicht am meisten einer Flamme und ist charakterisiert durch eine Menge intensiver orangefarbener und gelber Linien; die des Kryptons ist blassviolett, und die des Xenons ist himmelblau.

Die Gase bilden endlich eine Reihe in der periodischen Tabelle zwischen der des Fluors und derjenigen des Natriums.

Die Absorption der Sonnenwärme in der Atmosphäre und ihre Variation mit zunehmender Höhe über dem Meere bildete den Gegenstand einer wichtigen Publikation von Knut Angström.[1])

Die Beobachtungen wurden auf der Insel Teneriffa am Pic de Teyde, unter den denkbar günstigsten atmosphärischen Verhältnissen, in den Monaten Juni und Juli der Jahre 1895 und 1896 bis zu der Höhe von 3700 *m* über Meer ausgeführt und geben ein übersichtliches Bild über die Variation der Strahlungsintensität mit zunehmender Seehöhe für den gewählten klassischen Beobachtungsort und die genannte Jahreszeit. Die erste Besteigung des Pic de Teyde fand am 9. Juni 1895 statt; auf »Alta Vista«, in einer Seehöhe von 3252 *m*, dem alten Beobachtungsplatze von Piazzi Smith, wurden die zahlreichen Messungen gemacht, sodann noch 250 *m* höher auf der sogenannten »Rambleta« und endlich auf dem Gipfel selbst. Am 15. Juni ging Prof. Ångström auf die Nordseite des Pic, in eine Höhe von 1827 *m*, wo gleichzeitige Beobachtungen mit dem auf Alta Vista zurückgebliebenen Begleiter, Edelstam, ausgeführt wurden. Am 19. Juni kehrte die Expedition nach Villa Orotava (auf der Nordseite) zurück, wo ebenso wie am Hafen von Orotava und St. Cruz neuerdings Messungen gemacht wurden.

Die Witterung war auf Alta Vista vom 9.—19. Juni vollkommen klar und gleichmässig von einem Tage zum andern, und die daraus erhaltenen Radiationskurven waren daher fast absolut symmetrisch zum Mittage. Auf der Rückreise wurden dann am 25. und 26. Juli in der Schweiz noch gleichzeitige Beobachtungen in Brienz und auf dem Brienzer Rothorn ausgeführt. Leider waren aber hier die Witterungsverhältnisse so ungünstig, dass dem erhaltenen Beobachtungsmateriale kein hohes Gewicht beigelegt werden kann.

Aus Gründen, die Ångström in der Arbeit näher erwähnt, erreichen die aktinometrischen Messungen des Jahres 1895 auf Teneriffa allerdings nicht die für absolute Bestimmungen erwünschte grösste Genauigkeit; doch behalten sie ihren hohen Wert als relative

[1]) Nova acta Reg. Soc. Sc. Ups. 1900. Série III.

Bestimmungen, indem sie auch recht gut mit den Beobachtungen des Jahres 1896 stimmen. Bezüglich der zweiten Expedition (Juni und Juli 1896) giebt ein ausführlicher Auszug aus dem Beobachtungsjournale für die Tage des 21.—24., 25., 27., 29. Juni und 2.—3. Juli 1896 einen Einblick in die zahlreichen und wechselseitig ausgeführten korrespondierenden Messungen auf den gewählten Stationen: Gipfel des Pic de Teyde (3692 *m*), Alta Vista (3252 *m*), Cañada (2125 *m*) und Guimar 360 *m*). Von ganz ausgezeichneten Witterungsverhältnissen begleitet waren die beiden Tage, an denen gleichzeitig in Guimar und auf dem Pic beobachtet wurde, so dass daraus ein recht zuverlässiges Bild über die Variation der Strahlungsintensität zwischen dem Meeresniveau und der Höhe des Pic abgeleitet werden konnte.

Was die Ergebnisse anbelangt, so wurde für jede einzelne Station die Gesamtstrahlung während des Tages berechnet, ebenso deren Vertikalkomponente und als Resultat (in Grammkalorien per Minute und *qcm*) nachstehende Werte erhalten:

Station:	Guimar	La Cañada	Le Pic
Höhe	360	2125	3683 *m*
Barometerstand . . .	734	597	493 *mm*
Gesamtstrahlung. . .	940	1100	1180 Kal.
Vertikalkomponente .	671	755	799

Die Gesamtstrahlung während des Tages wächst also um nahe 30 $^0/_0$ vom Meeresniveau bis zur Höhe von 3700 *m*; die Vertikalkraft nimmt dabei um ungefähr 22 $^0/_0$ zu. Es zeigt sich ferner aus graphischen Darstellungen, dass die Zunahme der Sonnenstrahlung mit wachsender Erhebung um so schneller erfolgt, je grösser die Zenithdistanz ist. Setzt man die Intensität der Sonnenstrahlung an der untern Station jeweils gleich 1, so ergeben sich für Teneriffa folgende sprechende Verhältniszahlen:

	Guimar	La Cañada	Pic
Meereshöhe	360	2125	3683 *m*
Höhe der Sonne	Stärke der Sonnenstrahlung		
10°	1	1.34	1.50
30	1	1.18	1.25
50	1	1.15	1.21
80	1	1.11	1.17

Bei 10° Sonnenhöhe beträgt demnach die Zunahme der Strahlungsintensität für 3300 *m* Erhebung volle 50 $^0/_0$, bei 30° dagegen nur mehr ein Viertel und bei 80° bloss noch 17 $^0/_0$.

Noch deutlicher zeigt sich der Einfluss der veränderlichen Teile der Atmosphäre, d. h. der Menge des Staubes und Wasserdampfes, auf die Grösse der Sonnenstrahlung, wenn man die Strahlungen nach der Dicke der Atmosphäre in verschiedenen Meereshöhen nimmt.

Vergleicht man die Strahlung am Meeresniveau in Teneriffa mit der bei gleichem Feuchtigkeitsgehalte in nördlichern Breiten gefundenen, z. B. Guimar mit Upsala, so findet man im Sommer

keine erheblichen Unterschiede; sie kann in Upsala (bei gleicher Sonnenhöhe) an klaren Tagen sogar noch etwas grösser sein.

Anders dagegen verhält es sich im Winter, und hier zeigt sich der grosse Einfluss des Wasserdampfes, indem an einem schönen kalten Wintertage die Strahlung in Upsala ebenso gross ist, wie auf dem Gipfel des Pic (in 3683 *m*) im Sommer für dieselbe Dicke der Atmosphäre.

Unter Zugrundelegung der bekannten einfachen Absorptionsformel und mit Hilfe der aus den Beobachtungen von 1896 sich ergebenden mittlern Strahlungskurve berechnete Angström auch den Durchlässigkeitskoeffizienten für verschiedene, je um eine Einheit sich unterscheidenden Atmosphärenschichten, und zwar für den Pic, Cañada und Guimar.

Man erkennt hieraus vorerst, dass der Durchlässigkeitskoeffizient sehr gross ist und überdies mit der Höhe und mit der Dicke der Atmosphäre ein wenig wächst; aber nachdem die Strahlen etwa drei Atmosphärenschichten passiert haben, bleibt er nahe konstant. Alles dies scheint auf eine reine Atmosphäre von relativ grosser Feuchtigkeit hinzuweisen. Doch darf nicht vergessen werden, dass der einfachen Absorptionsformel nur eine beschränkte Gültigkeit zukommt, insbesondere wenn die Schichtendicke grössere Werte annimmt, auch ändern die »Konstanten« bedeutend ihre Werte je nach den meteorologischen Verhältnissen. Die Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre ist ferner nicht nur abhängig von der trockenen Luft, sondern auch von der darin enthaltenen Kohlensäure, dem Staube und insbesondere dem Wasserdampfe.

Die atmosphärische Strahlung untersuchte Frank Very[1]), der vieljährige Mitarbeiter Langleys am Alleghanyobservatorium. J. Maurer, dessen theoretische Arbeiten auf diesem Gebiete bekannt sind, hat eine lichtvolle Analyse der Untersuchungen Verys gegeben,[2]) der das folgende entnommen ist.

Bei seiner Experimentaluntersuchung über die Strahlung der Gase (vornehmlich atmosphärischer Luft, Wasserdampf, Kohlensäure) verwendete Frank Very unter Benutzung des Bolometers bekannter Langleyscher Konstruktion verschiedene Methoden, von denen aber die eine, weil unzuverlässig, verworfen werden musste. Bei der zweiten wurde ab und zu ein heisser aufsteigender Luftstrom von variabler Dicke vor der Öffnung des Bolometers vorübergeführt und die Ausschläge des Galvanometers gemessen. Die dritte — Hauptmethode — hatte den Vorteil, die Strahlung der Luft und anderer Gase (Wasserdampf, Kohlensäure etc.) bei verschiedenen Drucken und Temperaturen prüfen zu können. Der dabei benutzte Apparat bestand aus einem eisernen Cylinder (von 12 engl. Zoll innerem Durchmesser, 60″ Länge und 250 Pfund Gewicht), dessen eines Ende, vor dem das Bolometer zur Aufnahme der Gasstrahlung fixiert war, durch eine Steinsalzplatte verschlossen wurde, während das andere Ende eine Stopf-

[1]) Frank W. Very: Atmospheric radiation; a research conducted at the Alleghany Obs. and at Providence R. I. U. S. Dep. of Agric. Weather Bureau. Bulletin G. 1900.

[2]) Meteorol. Zeitschrift 1901. p. 224.

büchse enthielt, durch die ein Stempel mit geschwärzter Kupferscheibe läuft, durch dessen Hin- und Herbewegung einerseits eine für die Temperaturausgleichung nötige Mischung des Gases erzielt, anderseits aber auch die Länge der strahlenden Gassäule reguliert werden konnte. Von unten wurde der Gascylinder durch vier grosse Bunsenbrenner geheizt, und ferner ist ersterer durch eine seitliche Rohrverbindung mit Luftpumpe und Manometer in Kommunikation, während eine weitere Rohrverbindung zu einem kleinen eisernen Erhitzer führt, der mit graduiertem Stellhahne versehen ist und mit einer Reihe von Trockenflaschen, Kohlensäureerzeugern u. s. w. in Verbindung steht, je nach den Erforderungen des Experimentes. Endlich eine vierte Methode diente noch dazu, die relative Strahlung von reiner und staubiger Luft und von Wasserdampf zu ermitteln.

Für die Reduktion der Instrumentalablesungen auf absolutes Mass dienten als Standardstrahlung die sorgfältigen Bottomleyschen Messungen an berussten Kupferflächen, nach denen die in einer Sekunde von einer schwarzen Kupferoberfläche bei 100° C. gegen eine ebensolche von 0° ausgestrahlte Wärmemenge per Quadratzentimeter 0.0126 *g*-Kal. beträgt. Als Einheit der Wärmestrahlung führte Prof. Very die Bezeichnung »radim« ein, d. i. die Gramm-Wasser-Zentigrad-Wärmeeinheit, abgegeben auf dem Wege der Strahlung in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit für 1° C. Temperaturüberschuss, welche wir nachstehend durch die äquivalente thermische Energie, repräsentiert von unserer kleinen Grammkalorie ersetzen. Die von dem Bolometer aufgenommene, in absoluten Einheiten gemessene Strahlung wurde dann durch einen besondern, auf den Öffnungs- und Massverhältnissen des Bolometers basierenden, Reduktionsfaktor in die »hemisphärische« Strahlung verwandelt, die von der Flächeneinheit in der Zeiteinheit allseitig ausgestrahlt wird.

Prof. Very beschreibt in ausführlicher Weise alle die verschiedenen Methoden, welche seine mühevollen Untersuchungen erforderten, und giebt in zahlreichen numerischen Beispielen und Tabellen weitestgehenden Einblick in das gewonnene, vielseitige Beobachtungsmaterial; einige dreissig Seiten der grossen Arbeit werden ferner der sorgfältigen Diskussion von Tyndalls berühmten Experimenten über die Absorption der Wärmestrahlung durch Gase und Dämpfe (hauptsächlich dem Wasserdampfe) gewidmet und ebenso Paschens, Angströms u. a. Arbeiten auf demselben Gebiete der Wärmeemission und Absorption der Gase einlässlich berührt. Mit Hilfe dieser letztern Untersuchung leitet Prof. Very auch noch besondere Korrektionen ab, die zum Schlusse des experimentellen Teiles der Untersuchung einen übersichtlichen Begriff über die Beziehungen, zwischen der totalen Gasstrahlung durch die Einheit der Fläche in der Zeiteinheit mit der Temperatur und der Dicke der strahlenden Gasschicht ergeben.

So erhält nun Frank Very für die Strahlung reiner atmosphärischer Luft in Grammkalorien die per Sekunde durch einen Quadratzentimeter ausgegeben wird, für verschiedene Dicken der Luftschicht (bei 735 *mm* Druck) die nachstehenden Werte:

Schichtendicke:	125 *cm*	100 *cm*	75 *cm*	50 *cm*	25 *cm*
	Strahlung der Luft				
Temperaturdifferenz					
100° C.	.00442	.00353	.00265	.00176	.00088
90	.00325	.00260	.00195	.00130	.00065
80	.00238	.00190	.00143	.00095	.00048
70	.00173	.00138	.00104	.00069	.00035
60	.00123	.00099	.00074	.00049	.00025
50	.00086	.00068	.00051	.00034	.00017
40	.00056	.00045	.00034	.00023	.00011
30	.00035	.00028	.00021	.00014	.00007
20	.00019	.00016	.00012	.00008	.00004
10	.00008	.00006	.00005	.00003	.00002

Und entsprechend für die Strahlung der Kohlensäure:

Schichtendicke:	100 *cm*	75 *cm*	50 *cm*	25 *cm*
	Strahlung im Grammkalorien			
Temperaturdifferenz				
100° C.	.00897	.00821	.00632	.00383
80	.00540	.00494	.00381	.00219
60	.00319	.00292	.00225	.00129
40	.00169	.00155	.00119	.00068
20	.00064	.00059	.00045	.00026
10	.00027	.00025	.00019	.00011

Aus den für die Gesamtemission reiner atmosphärischer Luft mitgeteilten Daten herechnet sich nun leicht, dass deren Strahlungskoeffizient, d. h. die Wärmemenge, welche pro Sekunde an die Umgehung von einem Quadratzentimeter einer zentimeterdicken Luftsäule hei 1° Temperaturdifferenz auf dem Wege der Strahlung ausgegeben wird, nahe beträgt:

$$\sigma = 0.000\,000\,06 \; g\text{-Kal.}$$

oder reduziert auf die Stunde: $\sigma = 2.16 \times 10^{-4}$

dagegen nach Maurer: $= 0.418 \times 10^{-4}$ (bei 0° C. u. 760 *mm* Druck)
nach Trahert: $= 0.423 \times 10^{-4}$

Prof. Very ist der Ansicht, dass die Differenz zwischen den letztern merklich kleinern Werten und dem seinigen des Strahlungskoeffizienten der atmosphärischen Luft sehr wahrscheinlich herrühre aus der Ahsorption der eigenen Strahlung in der Atmosphäre, wo doch erheblich grössere Mengen im Spiele stehen als hei der experimentellen Untersuchung im Lahoratorium. Vermutlich werden hier aber auch noch andere Einflüsse in Wirksamkeit treten, da bei der Ahleitung des Strahlungskoeffizienten atmosphärischer Luft aus meteorologischen Beohachtungen weder reine, staubfreie, noch trockene Luft vorausgesetzt werden darf.

Prof. Hutchins [1]) hat früher versucht, auf experimentellen Untersuchungen üher die Strahlungen der atmosphärischen Luft beruhende Werte des Radiationskoeffizienten der letztern herzuleiten. Er fand für die Volumeinheit-Kubikzentimeterluft per Sekunde (bei 1° Temperaturdifferenz gegen die Umgebung) im Mittel:

$h = 0.000\,0014 \; g$-Kal. (reduziert auf die Stunde: $50 \times 10^{-4} \; g$-Kal.)

Dieser Wert ist viel grösser, wie die von Very auf dessen sorgfältigen Bestimmungen heruhende Angahe. Er wird auch kaum mehr als haltbar bezeichnet werden können, denn schon Paschen bemerkte, dass die Strahlungen der Luft, welche Hutchins im Lahoratorium gemessen hat, nichts weiter waren, als diejenigen des Wasserdampfes und der Spuren von Kohlensäure, welche sich in dieser Luft befanden; zudem unterschätzte Prof. Hutchins, wie Frank Very zeigt, die Dicke der strahlenden Luftschicht, wodurch seine Messungen der Strahlung für die Einheit der Dicke (*cm*) an sich schon erhehlich zu gross ausfallen müssen.

Dass die auf theoretischem Wege aus dem Gange der Lufttemperatur bei Nacht hergeleiteten Werte für die Strahlung der atmosphärischen Luft voraussichtlich zu klein sind, hat bereits Trabert nachgewiesen,[2]) und in der That ergehen auch die oben mitgeteilten Veryschen Messungen schon für ganz reine Luft Daten, die nahe fünfmal so gross sind wie diese; ührigens zeigt auch Frank Very an verschiedenen Beohachtungsreihen, dass geringe Beimengungen von Staub, die verhältnismässig grosse atmosphärische Massen durchsetzen, deren strahlende Kraft nur wenig zu ändern vermögen.

---

[1]) Radiation of atmospheric air by C. C. Hutchins; Amer. Journal of Science **43.** 1892.

[2]) Meteorol. Zeitschr. Juli 1892.

Die Veryschen Angaben über die Strahlung der Kohlensäure und des Wasserdampfes in absolutem Masse ergeben, dass für die Sekunde per Quadratzentimeter Oberfläche die Strahlung einer Meterschicht Kohlensäure bei 50° Temperaturüberschuss über die Umgebung von 0° C. 0.002 38 g-Kal. ergieht, also eine strahlende Kraft, die ungefähr $3^1/_2$ soviel wie für Luft beträgt unter denselben Verhältnissen, während für eine Wasserdampfschicht von 152 *cm* Dicke und $^1/_6$ Atmosphärendruck die Strahlung $2^1/_2$ mal so gross ist (0.011 g-Kal.) wie für den entsprechenden trockenen Luftkörper bei einer Temperatur, die nahe dem Siedepunkte des Wassers entspricht, demnach ungefähr $^8/_{10}$ der strahlenden Emission einer soliden schwarzen Fläche beträgt nach den Bottomleyschen Messungen. Dagegen ist für ganz geringe Dicken der Dampfschicht deren strahlende Kraft noch grösser, indem nach den Veryschen Beobachtungen ein Dampfstrahl von nur geringer Dicke sogar über viermal so stark strahlt, wie ein Luftstrom von entsprechenden Dimensionen.

Schon Hutchins versuchte, die Strahlung der heissen Luft durch verschiedene Substanzen zu sichten; so zeigten ihm bei einer Temperatur von 200° die Versuche mit einer sehr reinen 0.5 *cm* dicken Quarzplatte, dass auch nicht die geringste Spur einer Wärmewirkung hindurchgelassen wurde. Da Quarz nur für sehr langwellige Strahlen undurchlässig ist, von rotglühendem Platin 31 % und selbst noch von Lampenruss (bei 100° C.) 3 % hindurchlässt, so folgt hieraus schon, dass es jedenfalls sehr grosse Wellen sind, aus denen die Strahlung der Luft sich zusammensetzt.

Einen Versuch, diese geringe Strahlung erwärmter Luft in ein Spektrum auszubreiten und die spektrale Verteilung der Energie zu untersuchen, hielt Hutchins damals für aussichtslos. Frank Very gieht uns nun in seiner Arbeit zum erstenmal von der Strahlung der feuchten Luft eine — allerdings nur — approximative Darstellung, über deren spektrale Energieverteilung, und zwar für die Temperatur von 50° C. Die Lage der Bänder darin beruht auf den Beobachtungen Paschens, Rubens und Aschkinass über die Emission von Wasserdampf und Kohlensäure, mit alleiniger Ausnahme der strahlenden Energie der äussersten Wellenlängen, welche Prof. Very vorläufig einem oder mehrern der sog. permanenten Gase Sauerstoff, Stickstoff etc. zuschreiben möchte, auf Grund der von Hutchins gemachten Beobachtungen über die Absorption der Luftstrahlung durch Quarz. Die Form der Energiekurve variiert natürlich je nach Temperatur und Zusammensetzung der Luft. Von den auftretenden relativen Emissionsmaximis wird angenommen, sie variieren in umgekehrtem Verhältnisse zur Absorption, doch muss auch einige Abweichung von dieser Regel vorausgesetzt werden.

Eine direkte Feststellung der Energieverteilung im Spektrum der Luft-, Sauerstoff- und Stickstoffstrahlung ist übrigens sehr schwierig und auch Paschen bei seinen frühern sorgfältigen Versuchen über die Emission und Absorption der Gase nicht gelungen. Die Beobachtungen mit warmer Luft und Sauerstoff z. B. ergaben keine neuen, irgendwie hervortretenden Erhebungen im Spektrum, trotzdem die Empfindlichkeit des Bolometers sehr gross war. Auch daraus ist zu schliessen, dass die von Frank Very gegebene Darstellung über die spektrale Energieverteilung der Luftstrahlung nur als erste provisorische Näherung an die thatsächlichen Verhältnisse aufgenommen werden muss.

Eines der wichtigsten Resultate der Paschenschen Arbeiten war der Nachweis, dass die von Langley im Sonnenspektrum gefundenen »kalten Banden« alle innerhalb der Messungsfehler mit den Absorptionsstreifen der Kohlensäure und des Wasserdampfes koinzidieren, und der weitere Verlauf der Energieverteilung im Sonnenspektrum an der Erdoberfläche zeigt uns auch, dass vermöge dieser Absorption durch Kohlensäure, Wasserdampf (und möglicher Weise noch durch die sog. permanenten Gase

der Atmosphäre) die spektrale Energie jenseits der Wellenlänge von ungefähr 13 μ fast gänzlich abgebrochen wird, indem hier die noch vorhandenen Anzeichen noch nicht absorbierter Sonnenstrahlung schon ausserordentlich schwach sind. Noch vor jener kritischen Wellenlänge bei 13 μ bedeckt aber im infraroten Sonnenspektrum das bekannte grosse Wasserdampf-Band Σ eine ebenfalls charakteristische Region zwischen 5 und 8 μ, also fast genau an der Stelle, wo im Energiespektrum der atmosphärischen Strahlung letztere ihr Maximum erreicht, und dem entsprechend auch die Absorption der vom Erdboden ausgesandten dunklen Strahlung eine recht kräftige ist. Das im weitern bekannte differentielle Verhalten der Transmission solarer und terrestrischer Radiation bei ihrem Durchgange durch unsere Atmosphäre und dessen grosse Bedeutung für den Energiehaushalt unseres Erdballes führt nun Professor Very am Schlusse seiner Arbeit in verschiedenen Beispielen und bemerkenswerten Folgerungen vor, deren Ergebnisse auch mit den Arbeiten Knut Angströms: »Über die Intensität der Sonnenstrahlung in verschiedenen Meereshöhen,« und: »Über die Bedeutung des Wasserdampfes und der Kohlensäure bei Absorption der Erdatmosphäre,« harmonieren.

Schliesslich verbreitet sich Maurer über eine die Meteorologie besonders interessierende Frage, welche die atmosphärische Absorption von strahlender Wärme niedriger Temperatur betrifft, und für welche aus den Veryschen Arbeiten sich zum Teile eine recht bedeutsame Erweiterung unserer bisherigen Anschauungen gibt. Für meteorologische Probleme verschiedener Art hat die Frage ein grosses Interesse, ob und in welchem Grade unsere Atmosphäre für die dunkle Erdstrahlung durchlässig ist, oder mit andern Worten, in welchem Betrage Wärme von der Erdoberfläche auf dem Wege direkter Strahlung durch die Atmosphäre hindurch in den Weltraum hinaus entweicht. Diese Frage hat bereits Pouillet lebhaft beschäftigt, und er suchte (1938) den Nachweis zu führen, dass sehr nahe ein Zehntel der ausgestrahlten Erdwärme die reine Atmosphäre passieren kann.

Mitte der achtziger Jahre hat Maurer dann auf theoretischem Wege eine obere Grenze für die Grösse derjenigen Wärmemenge abgeleitet, welche von der Strahlung der gesamten, nicht erleuchteten Atmosphäre herrührt, und die darauf hinwies, dass der Absorptionskoeffizient für die von der Erdoberfläche ausgesandte Strahlung zwar sehr wenig, aber immer noch um einen bestimmten kleinen Betrag von der Einheit entfernt ist, ein paar Prozente der Erdoberflächenstrahlung demnach jedenfalls noch durch die Lufthülle hindurch in den Raum entweichen können. Dann ist Pernter, gestützt auf seine Messungen der Ausstrahlung auf dem Hohen Sonnblick, wenige Jahre später zu dem Resultate gelangt, dass unsere Atmosphäre als ganzes sich wie ein idealer schwarzer Körper verhält, der alle von der Erdoberfläche bei gewöhnlichen Temperaturen emittierten Strahlen absorbiert, daher nie ein von der Erdoberfläche ausgesandter Strahl durch die Atmosphäre in den Weltraum hinausdringen kann.

Dem gegenüber standen aber die Langleyschen Untersuchungen: »Über das unsichtbare Spektrum der Sonne und des Mondes«,[1]) welche basierend auf einer grossen Reihe sorgfältiger spektrobolometrischer Messungen im unsichtbaren Wärmespektrum der Sonne und des Mondes, den direkten Nachweis führten, dass unsere Atmosphäre auch für die Strahlung so grosser Wellenlängen (10—18 μ) wenigstens teilweise und in geringem Grade diatherman ist, wie sie dem Radiationsmaximum niedrig temperierter Oberflächen sehr nahe entspricht. Langley selbst sprach sich darüber in folgenden Worten aus: ». . . . Es ist evident, dass hier bei Temperaturen unter 100° C. jene Strahlen zu finden sind, welche sowohl die nächtliche, als auch die Ausstrahlung zur Tageszeit, die von der

[1]) Phil. Magaz. 1888. 26. Dezemberheft.

Oberfläche unseres eigenen Planeten ausgeht, ausmachen. Wir bemerken, dass wenn solche Strahlen, von der Sonne ausgehend, die Luft durchdringen können, dass sie dann auch ausgehen können von einem eisbedeckten Boden und noch mehr von einem gewöhnlichen, für welche Wärmestrahlungen, wie oben gezeigt, die Atmosphäre mehr oder weniger durchlässig ist. Wärme entweicht folglich in einem gewissen geringen Grade, selbst von der Oberfläche der arktischen Zonen, nicht bloss durch Konvektion, sondern vermöge direkter Strahlung durch die Atmosphäre in den Weltenraum hinaus.«

Dieser Ausspruch selbst hat nun ein Decennium später seine volle Bestätigung erfahren durch die klassische Arbeit Frank Verys: »Über die wahrscheinliche Temperatur der Mondoberfläche«.[1]) Es zeigt sich, dass unsere Atmosphäre wenigstens die Hälfte der Strahlung im extremen Infrarot durchlässt, die von einem niedrig temperierten Körper ausgeht, und die jüngst von Fr. Very publizierte Energiekurve über die atmosphärische Strahlung steht diesem Resultate nur bestätigend gegenüber; sie enthält breite Banden, z. B. zwischen 2 und 4, 8 und 11 μ im extremen Infrarot, wo eine Emission kaum mehr nachweisbar ist, daher auch die atmosphärische Absorption für die entsprechende Wellenlänge dunkler Erdstrahlung dort nahe verschwindet. Aus diesen Ergebnissen folgt aber unzweideutig, dass die Atmosphäre als Ganzes sich nicht wohl wie ein berusster Körper verhalten kann, und demzufolge auch deren Absorption, beziehungsweise Strahlungsvermögen noch ziemlich erheblich von der Einheit entfernt sein wird, wonach auch alle bis jetzt über den Strahlungskoeffizienten der gesamten atmosphärischen Masse geführten Spekulationen und Rechnungen entsprechend zu modifizieren sind.

Pouillets Messungen führten ihn, wie schon erwähnt, zu dem Resultate, dass sehr nahe $^1/_{10}$ der ausgestrahlten Erdwärme die reine Atmosphäre passieren kann. Maurer hält dafür, dass dieser Wert des atmosphärischen Transmissionskoeffizienten für die dunkle Erdstrahlung noch zu klein ist, dass er — für die Gesamtstrahlung niedrig temperierter Körperoberflächen — mehr als $^1/_5$, wahrscheinlich mindestens $^1/_4$, auf Grundlage der Veryschen Arbeiten beträgt.

14. Temperatur.

Die Temperaturextreme zu Hamburg 1876—1900 sind von Dr. Grossmann untersucht worden auf Grund der dort seitens der deutschen Seewarte gemachten Ablesungen.[2]) Als höchste Temperaturen wurden 32,0° C. am 4. Juli 1883 und 31,7° am 27. Mai 1892, als niedrigste — 19,8° am 25. und 26. Dezember 1876 und — 18,4° am 18. Januar 1893 beobachtet. Temperaturen von 30° und darüber traten als höchste Tagestemperaturen im ganzen 17 mal in den Monaten Mai bis August, darunter 9 mal im Juli, auf; ebenfalls 17 mal wurden niedrigste Temperaturen von — 16,1° und darunter vom Dezember bis Februar, davon 9 mal im Januar, beobachtet. Hier sehen wir Juli und Januar durch die Häufigkeit besonders hoher Wärme- und Kältegrade ausgezeichnet, und, wie zu erwarten

[1]) Amer. Journal 1898. 8.

[2]) Annalen d. Hydographie 1901. p. 463.

sind dieses auch die Monate, die durch die höchste und niedrigste Monatsmitteltemperaturen gekennzeichnet sind. Während ebenso die absolut höchste Temperatur nach Obigem im Juli des Zeitraumes eintrat, wurde die grösste Kälte im Dezember beobachtet. Dieser Umstand wie noch weitere Erwägungen gestatten die Schlussfolgerung, dass die für Hamburg als äusserste Kälte anzunehmende Temperatur weiter von — 19,8° abstehen müsse, als die höchste Wärme 32° übertreffen werde.

»Die Untersuchung, der Wetterlagen zur Zeit der höchsten und der niedrigsten Temperaturen in Hamburg lehrt«, so fährt Verfasser fort, »dass die höchste Sommerwärme und ebenso die grösste Winterkälte während je fünf Monaten, mit Mai, bezw. November beginnend, bei östlichen Winden, meist aus SO bis Ost, einzutreten pflegen, und dass nach einem Monate verschiedenartigen Verhaltens während der folgenden vier Monate, also wieder mit November, bezw. Mai beginnend, die höchsten Temperaturen bei Winden aus SW und entsprechend die niedrigsten bei Winden aus NW zu erwarten sind, worauf wiederum März—April für die höchsten und September—Oktober für die niedrigsten Temperaturen wechselnde Verhältnisse bei den Wetterlagen aufweisen. Als frühester Termin des sommerlichen Wettertypus hoher Wärme fand sich der 25. März, als spätester der 16. Oktober und als spätester Termin besonderer Kälte bei Nordwestwinden der 24. Sept.

Den genannten thermisch charakteristischen Tagen kommt in hohem Grade die Neigung zu, in Perioden aufzutreten; ihr Vorkommen ist ein ganz anderes, als es die rein zufällige Verteilung auf den Zeitraum mit sich bringen würde. Berechnen wir unter Zugrundelegung der beobachteten Zahl dieser Tage, wie viele bei rein zufälliger Verteilung einzeln auftreten mussten, so ergiebt sich, dass auf 100 solcher vom Zufalle geforderter Fälle in Wirklichkeit nur 18 Eistage, 19 Frosttage, 33 Sommertage und 40 warme Nächte kommen. Hiernach ist die Neigung zum Auftreten in Perioden am grössten und nahezu gleich stark ausgesprochen für die Eis- und Frosttage und etwa halb so gross für die Sommertage und die warmen Nächte, für diese am schwächsten ausgeprägt. Es spricht sich in diesem Verhalten der vier Arten von Tagen in erster Linie die sogenannte Erhaltungstendenz der Witterung aus; hat sich eine bestimmte Wetterlage herausgebildet, so pflegt sie längere Zeit zu bestehen. Diese Fortdauer zeigt sich, wie eingehende Untersuchungen gelehrt haben, verschieden gross für die verschiedenen Wetterlagen oder Wettertypen und weiter in hohem Grade von der Jahreszeit abhängig. Die höchsten wie die niedrigsten Temperaturen treten nicht unvermittelt mit einem Male auf, sondern bereiten sich durch stetige gleichartige Änderungen von Tag zu Tag tagelang vor. Als ein wichtiges unterscheidendes Moment für die Entwickelung der höchsten und der niedrigsten Temperaturen ist hervorzuheben. dass die untersten Luftschichten durch Erwärmung leichter werden und somit eine Vergrösserung ihrer Neigung zum Aufstiege erfahren, während eine Erkaltung der untern Luftschichten diese schwerer werden lässt und das Aufsteigevermögen verringert. Temperaturabnahme fördert also die Fortdauer kalter Witterung, während Temperaturzunahme der Fortdauer warmer Witterung entgegenwirkt. Wie die Temperatur mit dem Fortbestehen warmer oder kalter Witterung immer extremer wird, möge folgende Zusammenstellung der mittlern Minimum- und Maximumtemperaturen des Zeitraumes lehren, die den Perioden der Frosttage und der warmen Tage von verschiedener Länge zukamen, wobei als warme Tage solche gezählt wurden, an denen die höchste Temperatur wenigstens 20° betrug.

	Dauer der Perioden in Tage			
	1—2	3—5	6—10	> 10
Mittlere Minimumtemperatur	— 1,2	— 2,2	— 3,4	— 5,3
„ Maximumtemperatur	21,5	22,7	23,3	24,2
Unterschied	22,7	24,9	26,7	29,5

Man sieht, dass mit der Länge der Perioden die mittlern Minimum- wie Maximumtemperaturen erheblich zugenommen haben, erstere aber in weit höherem Grade; der thermische Unterschied der mittlern Extremtemperaturen dieser Kälte- und Wärmeperioden wuchs mit Zunahme ihrer Dauer um fast 7° an.

Wie wesentlich verschieden die thermisch charakteristischen Tage auf Perioden verteilt auftraten, lehrt folgende Zusammenstellung der prozentischen Verteilung.

Dauer in Tagen	Frost-tage	Warme Tage	Eistage	Warme Nächte	Sommer-tage
1 — 2	15	21	25	45	53
3 — 5	19	27	27	37	42
6 — 10	18	29	30	18	5
> 10	48	24	18	0	0
Maximum	49	27	20	10	7
Mittl. Dauer in Tagen	4,8	3,5	3,2	2,1	1,9

Hiernach traten fast die Hälfte aller Frosttage in Perioden von mehr als 10 Tagen Länge auf, und die längste Periode umfasste 49 Tage, während von den Sommertagen mehr als die Hälfte einzeln oder zu zweien aufeinander folgend vorkamen, und die längste Periode nur 7 Tage umfasste.

Die Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe gemäss den Drachenbeobachtungen des Wetterbureaus der Vereinigten Staaten. Die von letzterem seit 1898 ausgeführten Versuche[1]) an 17 Stationen umfassten 1217 Aszensionen und 3825 Registrierungen. Als Ergebnis fand sich folgendes:

Die mittlere Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe ergab sich zu 5° F. für je 1000 Fuss oder nur 0,4° weniger als die wahre adiabatische Abnahme. Der Gradient war am grössten bis zu 1000 Fuss, wo er 7,4° F. betrug; von da bis zur Höhe von 5000 Fuss nahm er stetig ab bis zu 3,8° für 1000 Fuss; die

[1]) Nature 1900. 63. p. 109. Naturw. Rundschau 1900. No. 3.

Geschwindigkeit der Abnahme änderte sich umgekehrt wie die Höhe. Über 5000 Fuss zeigte sich eine Neigung zu einer leichten Zunahme. Die mittlern Gradienten an der atlantischen Küste waren viel kleiner, als die im Innern des Landes; der Unterschied rührte grösstenteils von den tiefern Morgenwerten der erstern her, während die Nachmittagswerte wenig differierten. Temperaturumkehrungen waren sehr häufig und am ausgesprochensten, wenn die obern Luftströmungen aus Südosten bis Südwesten kamen. Wolken veranlassten in der Regel eine Verringerung in der Schnelligkeit der Temperaturabnahme, zuweilen so stark, dass eine wirkliche Temperaturumkehr sich ergab. Eine Beobachtungsreihe wurde in Pierre, Süddakota, während des Winters 1898—1899 angestellt, und eine vorläufige Prüfung der dort erhaltenen Aufzeichnungen zeigte anhaltende Temperaturumkehrungen während der Perioden kalten Wetters, so dass zu schliessen ist, dass während einer kalten Welle die Schicht kalter Luft nicht viel über eine englische Meile hoch sei und oft nur wenig über eine halbe Meile.

Die Temperaturbeobachtungen auf dem Strassburger Münsterturme 1892—1896 sind von Prof. Hann diskutiert worden.[1]) Sie nahmen neben den epochemachenden Temperaturregistrierungen auf dem Eiffelturme die nächste Stelle ein in Bezug auf Wichtigkeit für die Erforschung der Temperaturvariationen in den untern Schichten der Atmosphäre. »Namentlich wichtig,« sagt Prof. Hann, »sind diese Temperaturaufzeichnungen geworden für die Kenntnis der nächtlichen Temperaturschichtung. Während die Änderungen der Wärmeabnahme mit der Höhe bei Tag schon seit längerer Zeit bekannt sind und die ihnen gebührende Stelle in der Theorie der Erwärmungsvorgänge der Atmosphäre eingenommen haben, waren noch lange Zeit hindurch die Verhältnisse der nächtlichen Abkühlung der Atmosphäre ganz ungenügend bekannt. Die Temperaturzunahme mit der Höhe während der Nachtstunden wurde immer noch mehr als eine anomale Erscheinung, die nur bei heiterem Himmel unter besondern begünstigenden Umständen eintritt, angesehen. Die nächtlichen Ballonfahrten von München und Strassburg (Fesselballon) aus haben Aufsehen erregt durch die Konstatierung der Thatsache, dass in heitern Nächten die Abkühlung durch Strahlung vom Erdboden her bis gegen 300 *m* hinaufreichen kann. Über die mittlern, durchschnittlichen Verhältnisse der nächtlichen vertikalen Temperaturschichtung haben aber erst die Registrierungen auf dem Eiffelturme und auf dem Turme des Strassburger Münsters vollkommene Aufschlüsse gegeben.« Die erstern hat Hr. A. Angot bearbeitet, von den letztern handelt Prof. Hann.

Die folgende Tabelle giebt die von Prof. Hann abgeleiteten Mittelwerte der Temperatur.

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 211.

Mittlere Temperatur. 5 Jahre 1892—1896 zu Strassburg-Universität und auf dem Münsterturme.

	Dez. u. Januar			April u. Sept.			Juni u. Juli		
	Universität 8 *m*	Münsterturm 136 *m*	Diff. 130 *m*	Universität 6 *m*	Münsterturm 136 *m*	Diff. 130 *m*	Universität 8 *m*	Münsterturm 136 *m*	Diff. 130 *m*
Mittn.	—1.8°	—0.9	0.7	10.3	12.4	2.1	15.2	16.7	1.5
2a	—1.8	—1.1	0.7	9.4	11.3	1.9	14.2	15.5	1.3
4	—2.1	—1.5	0.8	8.7	10.3	1.8	13.4*	14.5	1.1
8	—2.2*	—1.7	0.5	8.5*	9.8	1.1	14.5	14.1*	—0.4
8	—2.1	—1.9*	0.2	10.9	9.8*	—1.1	17.2	15.3	—1.9
10	—1.2	—1.6	—0.4	13.4	11.9	—1.5	19.7	17.5	—2.2
Mittg.	0.0	—0.9	—0.9	15.9	14.0	—1.9	21.4	19.0	—2.4
2p	0.8	—0.2	—1.0	17.1	15.4	—1.7	22.1	20.0	—2.1
4	—0.4	0.1	—0.3	17.0	15.9	—1.1	21.9	20.2	—1.7
8	—0.4	—0.1	0.3	15.5	15.4	—0.1	20.8	19.8	—1.0
8	—0.8	—0.4	0.4	13.2	14.6	1.4	18.5	18.9	0.4
10	—1.3	—0.7	0.6	11.6	13.5	1.9	18.5	17.9	1.4
Mittel	—1.0	—0.9	0.1	12.8	12.8	0.2	17.95	17.5	—0.5

»Man sieht, dass selbst im Tagesmittel in der Höhe von 136 *m* über dem Boden die mittlere Temperatur wenigstens das ganze Winterhalbjahr hindurch höher ist als unten, in der Nacht aber ist das ganze Jahr hindurch selbst in den heissesten Sommermonaten die Temperatur am Erdboden um 1—2° niedriger als in der Höhe von 136 *m*.

Bei Tag ist im Sommerhalbjahre um und nach Mittag die Wärmeabnahme nach oben sehr rasch und beträgt dann einige Zeit hindurch mehr als 1° pro 100 *m*.

An der obern Station, 130 *m* über dem Boden, verspätet sich der Eintritt der täglichen Temperaturextreme um zwei Stunden, Sommer wie Winter. Die Tagesschwankung ist oben natürlich erheblich kleiner als unten.

Die Ergebnisse der Temperaturregistrierungen auf dem Münsterturme sind demnach in mehrfacher Richtung sehr interessant und von theoretischer Bedeutung.

Der erste wichtige Satz für die Theorie des täglichen Erwärmungsvorganges der Atmosphäre ist, dass selbst im Mittel aller Witterungszustände das ganze Jahr hindurch die Lufttemperatur in einer Höhe von 136 *m* (130 *m* relativ) über dem Boden bei Nacht höher ist als unten. Der Erdboden wirkt bis zu dieser Höhe bei Nacht erkaltend auf eine über 130 *m* mächtige Luftschicht (und noch darüber hinaus).«

Die Beobachtungen auf dem Eiffelturme haben dasselbe ergeben:

Im Jahresmittel ist dort die Temperatur in der Höhe von 160 *m* über dem Boden von 7^p bis 7^a höher als unten (im Maximum um 1,1°), dagegen bei Tag niedriger (von Mittag bis 2^p um 2.0°). — In 300 *m* ist die Temperatur von 9^p bis 7^a höher als unten (Maximum + 1°) bei Tag niedriger, von 11^a bis 2^p beträgt die Wärmeabnahme dann 3°, also 1° pro 100 *m*.

Die Jahresmittel sind: Parc S. Maur 10.8°, 160 *m* 10.6°, 300 *m* 9.9° C.

Zur Zeit der Nachtgleichen (April und September), wo die nächtlichen Temperaturumkehrungen am stärksten auftreten, ist zu Paris auf der ersten Plattform des Eiffelturmes (123 *m*) die Temperatur durch 14 Stunden oben höher als unten. Auf der zweiten Plattform (197 *m* über dem Boden) durch 13 Stunden. Auf dem Gipfel des Turmes (302 *m*) durch 12 Stunden.

»Der zweite wichtige Satz, den die Temperaturregistrierungen auf dem Münsterturme und auf dem Eiffelturme festgestellt haben, betrifft die Verspätung im Eintritte der täglichen Wärmeextreme mit zunehmenden Abständen vom Erdboden und die rasche Verringerung der Grösse der täglichen Temperaturschwankungen mit der Erhebung in der freien Atmosphäre.«

Der Unterschied zwischen der Strassburger Universitätsstation und der Münsterturmspitze beträgt 1.8^h, um welche sich der Eintritt der Extreme oben verspätet. Der tägliche Wärmegang auf der Münsterturmspitze stimmt sehr schön überein mit dem von Hann aus dem täglichen Barometergange berechneten täglichen Temperaturgange in der freien Atmosphäre. Die Verspätung wird mit zunehmender Höhe noch etwas grösser.

Der jährliche Gang der Temperatur in grossen Höhen der freien Atmosphäre ist von Teisserenc de Bort seit mehrern Jahren durch Sondierballons untersucht worden. Er hat jetzt der Pariser Akademie eine grosse und wichtige Abhandlung vorgelegt, von welcher Prof. Hann eine lichtvolle Analyse giebt,[1]) der das folgende entnommen ist.

»Schon im August 1899 hat Teisserenc de Bort der Pariser Akademie einige Resultate der mittels seiner Ballons sondes erhaltenen Temperaturaufzeichnungen in grosser Höhe der Atmosphäre vorgelegt. Er hat seitdem auf seinem Observatorium zu Trappes die systematische Erforschung der Temperatur der hohen Schichten der Atmosphäre kontinuierlich fortgesetzt, so dass er im November 1900 der Akademie einige vorläufige Resultate der Aufzeichnungen bei mehr als 240 Ballonaufstiegen vorlegen konnte. Diese Aufstiege erstrecken sich zumeist bis zu Höhen von ca. 10 *km*, so dass nun Mitteltemperaturen von grossen Seehöhen vorliegen, welche auch den jährlichen Gang der Temperatur schon ziemlich verlässlich zu beurteilen gestatten, was bisher nicht möglich war.

Teisserenc de Bort teilt zunächst die Mitteltemperaturen mit, die er aus den 240 Ballonaufstiegen in den Jahren 1898, 1899 und 1900 hat ableiten können. Die Mittel sind:

Mittlere Temperaturen für die Monate und das Jahr.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
am Boden .	5.4	1.0	0.9	5.3	7.0	14.2
in 5 *km* . .	—15.3	—21.8	—20.9	—18,4	—16.8	— 8.8
» 10 » . .	—47.6	—53.4	—53.7	—49.3	—51.3	—45.3
	Juli	**Aug.**	**Sept.**	**Okt.**	**Nov.**	**Dez.**
am Boden .	15.7	17.8	13.4	10.2	3.8	0.9
in 5 *km* . .	— 8.7	— 7.2	— 9.7	—11.0	—12.8	—18.9
» 10 » . .	—44.5	—41.8	—47.9	—45.1	—45.2	—52.4

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 28.

Ausserdem enthält ferner die letzte Mitteilung an die Pariser Akademie auch ein Diagramm, welches die Höhenänderungen der Isothermen von 0, —20, —40 und —50° im Laufe des Jahres zur Darstellung bringt, und welches Prof. Hann in Zahlenwerte umsetzt.

Die Sätze, welche Léon Teisserenc de Bort schon in der Note von August 1899 ausgesprochen, erhalten durch die Erfahrungen der letzten Reihen von Ballonaufstiegen eine vollständige Bestätigung. Diese Sätze sind:

1. Die Temperatur der freien Atmosphäre unterliegt selbst noch in Höhen bis zu 10 *km* einer sehr ausgeprägten jährlichen Periode.

2. Die Amplitude dieser jährlichen Temperaturschwankung nimmt mit der Höhe ab. Nach den Monatsmitteln beträgt sie am Erdboden 17, in 5 *km* 14.6 und in 10 *km* noch 12°.

3. Der Eintritt der höchsten und tiefsten Temperatur verspätet sich mit zunehmender Höhe, besonders macht sich diese Verspätung beim Eintritte des Minimums der Temperatur bemerkbar, welches auf das Ende des Winters fällt.

Der Verfasser lenkt schliesslich die Aufmerksamkeit auf die niedrige Temperatur des Maimonates in grossen Höhen der Atmosphäre und meint, dass dieselbe mit dem Eintritte der Kälteperiode, die unter dem Namen der »Eisheiligen« bekannt ist, in Zusammenhang stehen mag. Die Thatsache, dass sich diese Temperaturdepression im Mai noch im Verlaufe der Isothermen von —50° bemerklich zu machen scheint, spreche für die Ansicht von Ch. Sainte-Claire Deville, welcher die Ursache der Abkühlung der Luft im Mai auf eine allgemeine Ursache zurückzuführen gesucht hat. —

Geht man von den mitgeteilten Temperaturen an der Erdoberfläche aus (dieselben entsprechen wohl den Zeiten der Ballonaufstiege, welche zumeist zu sehr früher Morgenstunde erfolgen, um den Effekt der Sonnenstrahlung auf die Registrierthermometer auszuschliessen), so erhält man folgende Werte für die Wärmeabnahme mit der Höhe.

Temperaturabnahme mit der Höhe pro 100 *m*.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	
Vom Boden bis 5 *km*	0.41	0.46	0.44	0.47	0.48	0.46	
Von 5—10 *km* . . .	0.65	0.63	0.66	0.62	0.69	0.75	
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Vom Boden bis 5 *km*	0.49	0.50	0.46	0.42	0.33	0.40	0.44
Von 5—10 *km* . . .	0.72	0.69	0.76	0.68	0.65	0.67	0.68

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Vom Boden bis 5000 *m* .	0.42	0.46	0.48	0.40	0.44
Von 5000—10000 *m* . .	0.65	0.66	0.72	0.70	0.68

Die Wärmeabnahme bis zu 5 *km* ergiebt sich aus diesen Zahlen erheblich geringer, als man sie sonst gefunden hat. Die Ursache davon liegt jedenfalls darin, dass die zu Grunde gelegten Temperaturen an der Erdoberfläche der frühen Morgenstunden, also der Zeit der kleinsten Wärmeabnahme nach oben entsprechen. Die obigen Zahlen für das untere Niveau sind also Minimumwerte. Die Wärmeabnahme in dem Niveau von 5—10 *km* ist auch etwas kleiner, als man sie aus den allerdings wenig zahlreichen Aufstiegen bemannter Ballons für diese Höhenschichten abgeleitet hat; sie stimmt aber recht nahe überein mit der im Gebirge beobachteten Wärmeabnahme, welche, wenn man bloss die auf Berggipfeln beobachteten Temperaturen denselben zu Grunde legt, 0.65—0.67° im Jahresmittel liefern (bis 3 *km* Höhe); die Jahresamplitude ist aber kleiner in der freien Atmosphäre.

Es liegt nahe, ja scheint geboten, so fährt Prof. Hann fort, den Versuch zu machen, die beobachteten Temperaturdifferenzen zwischen dem Erdboden und 5 *km* Höhe an die Normalmittel der Temperatur von Paris anzubringen, um auf diese Weise richtigere Mittelwerte der Temperatur in 5 *km* zu erhalten. Die Mitteltemperaturen am Erdboden sind ja, wie man

sogleich sieht, noch weit entfernt, mittlere Temperaturzustände zu repräsentieren, während die Differenzen zwischen Boden und 5 *km* vielmehr Anspruch haben, als genäherte mittlere Werte hingestellt zu werden. Bringt man dann an diese für 5 *km* berechneten genäherten wahren Temperaturmittel die beobachteten Differenzen zwischen 5 und 10 *km* an, so könnte man erwarten, auch für 10 *km* richtigere Mittelwerte zu erhalten. Eine Ausführung dieser Rechnungen liefert folgende Temperaturen:

Mittlere normale Temperaturen.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Parc Saint Maur 1841—1890, red. auf das Meeresniveau.					
2.4	3.8	6.0	10.0	13.4	16.8
Temperatur in 5 *km*					
—18.3	—19.0	—15.8	—13.7	—10.4	— 6.2
Temperatur in 10 *km*					
—50.6	—50.6	—48.6	—44.6	—44.9	—42.7

Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
18.4	17.8	14.9	10.2	5.9	2.8	10.2
Temperatur in 5 *km*						
— 6.0	— 7.2	— 8.2	—11.2	(- 14.6)	—17.0	—12.3
Temperatur in 10 *km*						
—41.8	—41.8	—46.4	—45.3	(—47.0)	—50.5	—46.2

Während die auf diese Weise erhaltenen Temperaturmittel für 5 *km* Höhe einen recht befriedigenden jährlichen Gang zeigen (November ausgenommen, wo die Wärmeabnahme abnorm klein war [0.33], Hann hat dieselbe zu 0.41 angenommen) und die Erwartung zu rechtfertigen scheinen, dass dieselben richtigere Mittelwerte repräsentieren, lassen die derart erhaltenen Temperaturmittel für 10 *km* Höhe vieles zu wünschen übrig. Es scheint ja auch nicht mehr gerechtfertigt, die in 10 *km* Höhe beobachteten Temperaturen mit jenen, die nahe gleichzeitig an der Erdoberfläche gefunden worden sind, in eine direkte Beziehung zu setzen. Man wird daher für diese grosse Höhe lieber die unmittelbar beobachteten Temperaturen weitern Schlüssen und Rechnungen zu Grunde legen.

Die von Prof. Hann für 3, 5 und 10 *km* Meereshöhe über Paris berechneten Temperaturen sind:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Temperatur in 3 *km*	—10.3	—11.2*	—10.3	— 7.9	— 4.5	1.1
» » 5 »	—18.3	—20.3	—20.8*	—19.0	—15.0	—10.6
» » 10 »	—50.5	—52.2	—52.9*	—51.7	—49.0	—46.0

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur in 3 *km*	1.3	2.2	1.3	— 1.2	— 4.5	— 7.9	— 4.5
» » 5 »	— 7.7	— 7.6	— 9.3	—11.8	—14.0	—15.9	—14.2
» » 10 »	—44.1	—43.9	—44.9	—46.2	—47.4	—48.7	—48.1

Die Temperatur für 3 *km* Höhe, welche in der neuern Mitteilung von Teisserenc de Bort fehlt, wurde in erster Annäherung zu ermitteln gesucht aus den Beobachtungsergebnissen der Aufstiege der Ballons sondes 1898 und 1899, die in Form von Diagrammen mitgeteilt, von Prof. Cleveland Abbe auf Zahlenwerte reduziert worden sind,[1]) und den Beobachtungsergebnissen der Berliner Aufstiege mit bemannten Ballons. Die Übereinstimmung dieser auf relativ wenigen Beobachtungen beruhenden Ergebnisse ist erstaunlich.«

Prof. Hann erhält aus den von ihm berechneten Werten folgende Zahlen für die Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur mit der Höhe.

Parc S. Maur	in 3 *km*	in 5 *km*	in 10 *km*
16.0	13.4	13.2	9.0

[1]) Monthly Weather Review Sept. 1899. p. 415.

»Die Jahresschwankung der Temperatur auf dem Sonnblickgipfel 3100 *m* ist 14.4°, was besser in diese Reihe hineinpassen würde. Die auf dem Sonnblickgipfel beobachteten Temperaturen weichen nur wenig ab von den für 3 *km* Seehöhe in der freien Atmosphäre berechneten Temperaturen.

Der Hauptunterschied zwischen der Temperatur der freien Atmosphäre über Norddeutschland und jener auf einem Tauerngipfel (47° N) in gleicher Seehöhe besteht in dem kältern Frühjahre und dem wärmern Herbste. Die auf Berggipfeln beobachteten Temperaturen unterscheiden sich sonst wenig von der Temperatur der freien Atmosphäre, der Berggipfel ist im Winter kälter, im Sommer wärmer, wie zu erwarten. Doch ist bei diesem Vergleiche auch im Auge zu behalten, dass sich die Temperaturen in der freien Atmosphäre auf eine 4—5° nördlichere Breite und ein mehr ozeanisches Klima beziehen, während das Klima der Tauern mehr kontinental ist.

Die Verspätung des Eintrittes der Extreme (nur nach dem ersten Gliede der Jahresgleichung der Temperatur beurteilt), ergiebt sich für das Intervall: Boden bis 3 *km* ca. 28 Tage, bis 5 *km* 33 Tage und bis 10 *km* 40 Tage. Das sind natürlich mehr Schätzungen, als streng vergleichbare Werte.«

In einem Diagramme (Altitudes moyennes des diverses isothermes dans le cours de l'année) veranschaulicht Teisserenc de Bort die Höhenänderungen der Isotherme von 0, —20, —40 und —50° im Laufe des Jahres. Prof. Hann hat diesem Diagramme die folgenden genäherten Zahlenwerte für die Seehöhen der Isothermen entnommen:

Beiläufige Seehöhe der Isothermen in Hektometern.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
0° . .	13	14	15	23	21	32
—20 . .	51	48	47	55	55	66
—40 . .	83	76	77	83	83	93
—50 . .	95	88	88	96	94	104
	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
0° . .	36	35	34	27	20	15
—20 . .	68	69	67	64	55	53
—40 . .	94	95	93	88	85	78
—50 . .	107	110	110	106	102	97

Die Seehöhe der Isotherme von 0° ist im Winter so auffallend hoch, dass Hann begründete Zweifel über die Richtigkeit des Diagrammes in diesem Punkte erheben möchte. Die Höhe der Isotherme von 0° im Sommer entspricht dagegen völlig jenen in den Alpen, sie scheint auch etwas zu hoch zu sein.

»Berson hat in dem grossen Werke über die wissenschaftlichen Ergebnisse der Berliner Ballonfahrten als die wahrscheinlichsten Werte der Seehöhe der Isotherme von 0° über Norddeutschland angegeben:[1])

Winter 330, Frühling 1540, Sommer 3150, Herbst 2380, Jahr 2090.

Diese Zahlen gestatten Prof. Hann, die Höhenlage der Isothermen von 0° in den einzelnen Monaten über der norddeutschen Niederung zu berechnen. Zum Vergleiche führt er auch noch die aus den Beobachtungen der meteorologischen Stationen in den Alpen abgeleiteten Seehöhen dieser Isotherme an.

Die berechneten Seehöhen sind:

Seehöhen der Isotherme von 0° (*m*).

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni
Frankreich:	1310*	1390	1630	1990	2480	3040
Norddeutschland:	320	300*	699	1390	2220	2950
Östliche Südalpen:	550*	930	1380	2070	2600	3180
Östliche Nordalpen:	80*	540	1040	1900	2500	3080

[1]) Band 3. p. 102.

	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Frankreich:	3510	3650	3350	2710	2000	1500
Norddeutschland:	3380	3400	3010	2300	1480	760
Östliche Südalpen:	3590	3550	3170	2470	1460	770
Östliche Nordalpen:	3500	3520	3170	2400	1080	110

»Die Höhen für Norddeutschland konnten nur mit dem ersten Gliede der periodischen Reihe berechnet werden, deshalb fällt das Minimum erst auf den Februar. Für Nordfrankreich giebt das erste Glied allein dasselbe: Dez. 1900, Jan. 1280, Febr. 1250.

Aus diesen Vergleichen geht jedenfalls auch das hervor, dass die Temperaturbeobachtungen auf Bergen keine erheblich verschiedenen Resultate von den Temperaturbeobachtungen in der freien Atmosphäre ergeben, und dass man daher in vielen Fällen dieselben auch zu weitern Schlüssen für die Temperatur der Atmosphäre selbst verwenden kann. In grössern Höhen über 4 *km* würde die Übereinstimmung wohl eine noch grössere sein.«

Prof. Hann hat auch die Seehöhen der Isothermen von —20, —40 und —50° mittels periodischer Formeln berechnet und wie folgt zusammengestellt:

Berechnete Seehöhen der Isothermen —20, —40 und —50° in Kilometern.

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Isotherme —50°.											
9.3	9.0	9.0*	9.2	9.7	10.3	10.7	11.0	11.0	10.7	10.2	9.7
Isotherme —40°.											
7.9	7.8*	7.8	8.1	8.6	9.1	9.5	9.5	9.2	8.8	8.4	8.1
Isotherme —20°.											
5.0	4.8*	4.9	5.2	5.8	6.4	6.9	7.0	6.7	6.2	5.7	5.3

Die Amplituden sollten wohl mit der Höhe abnehmen; dass dies nicht der Fall, liegt jedenfalls in der noch bestehenden Unsicherheit der jetzt ermittelten Höhenlagen.

Die obige Tabelle gestattet auch ein rasches Urteil über die Temperaturen, die in verschieden grossen Seehöhen zu verschiedenen Jahreszeiten zu erwarten sind. In 10 *km* ist im Mittel die Temperatur —50, in $8^1/_2$ *km* —40, in 5.8 *km* —20° anzutreffen.«

Die vertikale Temperaturverteilung in der freien Atmosphäre ist von Dr. Berson im 3. Bande des grossen Werkes: Wissenschaftliche Luftfahrten, ausgeführt vom Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin, auf Grund der Beobachtungsergebnisse bei 75 Fahrten dargestellt worden. Dieselbe Materie bildet in dem nämlichen Bande den Hauptgegenstand der theoretischen Schlussbetrachtungen W. v. Bezolds. Eine gedrängte, aber lichtvolle Analyse dieser Arbeit giebt H. Hergesell,[1]) der folgendes entnommen ist:

»Berson stellt und löst in seiner Bearbeitung folgende Aufgaben:

1. Eigentliche Aufstellung einer Tabelle, enthaltend die mittlern Temperaturen und vertikalen Temperaturgradienten für sämtliche Einzelfahrten, geordnet nach bestimmten Höhenschichten.

2. Berechnung und Erörterung des Ganges der vertikalen Temperaturverteilung, wie er sich aus sämtlichen Fahrten zunächst im Gesamtmittel ergiebt.

3. Versuch einer Unterscheidung für die beiden Hauptwetterlagen: Cyklonisches und anticyklonisches Regime, Ableitung von

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. Heft 10. p. 447. ff.

Einzelwerten der Temperaturmittel, Extreme und Schwankungsgrössen für die verschiedenen Jahreszeiten. — Eines der wichtigsten Ergebnisse, das sich aus der Betrachtung des mittlern Verlaufes der Temperaturkurve ergiebt, ist das Auftreten von bestimmten, fast stets wiederkehrenden Zonen in der vertikalen Schichtung der Atmosphäre.

Man findet bei fast allen Aufstiegen:

1. Eine untere Schicht in der Nähe der Erdoberfläche, in welcher vielfache »gestörte Verhältnisse« auftreten, und die als untere Störungsschicht zu bezeichnen ist. Der störende Faktor ist hier die Erdoberfläche, die periodisch im Laufe eines Tages eintretende Veränderungen verursacht. Der Übergang von adiabatischen zu sehr stabilen Zuständen (Temperaturumkehr) ist hier sehr häufig.

2. Eine untere Zone vorherrschender vertikaler Luftbewegungen mit Wolkenbildung (in Maximalgebieten Cumuli, sonst Kondensationsprodukte jeglicher Art). Diese Hauptzone der Kondensation beginnt etwa bei 1200—1500 *m* und findet ihre obere Begrenzung bei sehr wechselnder Höhe etwa in 4000 *m*.

3. Die eigentliche sogenannte (obere) »Störungsschicht«; es ist dies eine Grenz- und Mischzone, welche durch Übereinanderschichtung und Vermischung eines obern verhältnismässig trockenen Luftstromes mit den Luftmassen der darunter liegenden Zone entsteht. Diese Störungsschicht ist häufig isotherm, aber ebenso oft (durch Strahlung der Wolkenoberfläche) von Temperaturinversionen begleitet. Die Höhe dieser Störungsschicht wechselt sehr. Ihre Lage hängt von der Höhe der Zone 2 ab.

4. Die obere Zone vertikaler Luftbewegung, die vor allem durch einen starken Temperaturgradienten charakterisiert ist. Die Kondensation des Wasserdampfes spielt in dieser Zone wegen ihrer grossen Höhe nur noch eine geringe Rolle.

Alle diese Zonen sind durch bestimmte mittlere vertikale Temperaturgefälle charakterisiert. Wir beginnen zunächst mit der obersten Zone Nr. 4.

Ihr Temperaturgradient ist der grösste und nähert sich um so mehr dem adiabatischen für trockene Luft, je höhere Schichten wir ins Auge fassen. Die hohe Zahl für die Temperaturabnahme (0.7—0.8^0 für 100 *m*) erklärt sich aus dem Umstande, dass die Kondensation des Wasserdampfes in grosser Höhe sehr wenig in Erscheinung tritt, und dass, wo dieselbe vorhanden ist, das adiabatische Temperaturgefälle trotzdem sehr hoch ist (0.75—0.8^0 in 5000—7000 *m* Höhe).

Prof. Hergesell erwähnt, dass nach den neuesten Erfahrungen, die bei Abfassung des Berliner Werkes noch nicht vorlagen, diese obere Schicht mit dem hohen Temperaturgradienten eine bedeutende vertikale Mächtigkeit haben muss. Je höher die Schichten liegen, die wir erforschen, um so mehr nähert sich ihr Gradient dem adia-

batischen. Aber auch diese obere Schicht scheint keine einheitliche zu sein, da auch sie mehrfach durch Schichten mit gleicher Temperierung oder Temperaturumkehrung (vielfach ohne jegliche Kondensationsprodukte) unterbrochen wird.

Für das sonstige Verhalten der mittlern vertikalen Temperaturverteilung giebt Hergesell folgende kleine Tabelle wieder, die sämtliche beobachteten Temperaturabnahmen berücksichigt:

Mittlere vertikale Temperaturabnahme.

Schicht . . . . *km*	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9
Beobachtungen	58	53	41	34	20	11	5	4	1—3
Mittlere Temperaturabnahme per 100 *m*	0.50	0.50	0.54	0.53	0.64	0.69	0.66	0.72	0.90

Die vertikale Temperaturabnahme findet demnach, entsprechend den oben geschilderten Zonen, in folgender Weise statt.

1. Sie ist verhältnismässig schwach in den erdnächsten Schichten. Der Grund hierfür ist der häufig wechselnde Einfluss des Erdbodens auf die Temperierung der untersten Schichten, der sehr oft Temperaturinversion hervorbringt. Dieselben haben den Effekt, den Wert des mittlern Gradienten herabzudrücken.

2. Zwischen 1000 und 4000 *m* bleibt das mittlere Temperaturgefälle schwach; doch weist es im Vergleiche zu den untern Schichten eine mässige Zunahme auf. Die Erklärung liegt in den häufigen Kondensationsprozessen dieser Schichten. Der Temperaturgradient entspricht hier dem adiabatischen Gange feuchter Luft.

3. Von 4000 *m* ab nimmt das Gefälle rasch zu und nähert sich mehr und mehr dem adiabatischen Gradienten für trockene Luft.

Das Gesamtergebnis ist also das, dass, abgesehen von den untersten Schichten, überall ein relativ starkes Gefälle vorhanden ist, welches sich dem adiabatischen Gange von feuchter und trockener Luft möglichst anpasst.

Die Temperaturbeobachtungen der Berliner Auffahrten werden von Berson des weitern benutzt, um die für die verschiedenen Höhenstufen geltenden mittlern Temperaturen zu bestimmen. Mit Recht verzichtet der Bearbeiter auf die Ableitung einer sogenannten Temperaturformel.

Die folgende kleine Tabelle enthält diese Bestimmungen; derselben sind noch zwei Reihen hinzugefügt, von welchen die erste die ebenfalls von Berson benutzten Temperaturmittel Teisserenc de Borts, die zweite die Mittelzahlen einer Zusammenstellung, die von Prof. Hergesell herrührt, wiedergiebt.

Dieser hat diese dritte Reihe hinzugefügt, weil dieselbe die Ergebnisse von 30 Ballonfahrten wiedergiebt, deren geographische Verteilung eine ausgedehntere ist, da sie verschiedene internationale Fahrten berücksichtigt.[1])

[1]) Petermanns Mitteil. 1900. Heft 5. p. 9 und 100.

Mitteltemperaturen in verschiedenen Höhen nach

	Erde *km*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. Berson	10.4	5.4	0.5	—5.0	—10.3	—16.8	—24.2	—29.4	—38.3	—46.4	—
II. Teisserenc de Bort	9	5	0	—4	— 9	—16	—21	—29	—38	—42	—51
III. Hergesell	8	4	—0	—7	—13	—18	—28	—33	—40	—48	—54

Diese drei Reihen spiegeln alle dieselbe Gesetzmässigkeit wieder, insbesondere was das Verhalten des vertikalen Gradienten angeht, auch die Mittelzahlen stimmen verhältnismässig überein.

Einen wichtigen Untersuchungsgegenstand bilden die Beziehungen zwischen vertikaler Temperaturverteilung und Witterungslage. Berson teilt die Auffahrten in zwei Teile, je nachdem dieselben in einem Hochdruckgebiete oder in einer cyklonalen Druckverteilung stattgefunden haben.

Naturgemäss bilden die Hochdruckfahrten die grössere Anzahl, während die Anzahl der Fahrten, die einer eigentlichen Cyklone entsprechen, verhältnismässig gering ist.

Folgende beiden Reihen mögen den charakteristischen Unterschied des vertikalen Gradienten in beiden Druckgebieten wiedergeben:

Höhe in *km*	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8
Anticyklonales Reg.	0.38	0.40	0.53	0.54	0.64	0.72	0.71	0.77°
Cyklonales Regime	0.61	0.55	0.57	0.53	0.65	0.67	0.64	0.62
Differenz	—0.23	—0.15	—0.04	+0.01	—0.01	+0.05	+0.07	+0.15

Teilt man die gesamte Höhe in zwei Stufen, so erhält man folgendes Bild für den vertikalen Gradienten:

	0—4000 *m*	4000—8000 *m*
Anticyklone	0.46	0.71°
Cyklone	57	64

In der Anticyklone herrscht demgemäss in den untern 4000 *m* schwache, in den obern sehr rasche Temperaturabnahme, während in der Depression in der untern Hälfte schon mässig starkes, in der obern noch ein wenig stärkeres Gefälle vorhanden ist.

Die grössere Wärme der Anticyklonen, welche zuerst von Hann für die untern Schichten nachgewiesen wurde, scheint sich nach dieser Diskussion also nicht in die grossen Höhen fortzusetzen.

Es ist dieses ein Resultat, welches durch die spätern internationalen Fahrten durchaus bestätigt ist.

Der Verf. untersucht in einer weitern Diskussion die Frage des Zusammenhanges zwischen Cyklonen und Anticyklonen. Das Endresultat lautet:

Für die vertikale Temperaturverteilung sind in erster Linie die dynamischen Vorgänge der Kompression und Expansion im Zusammenhange mit der Luftdruckverteilung, in zweiter durchaus nicht zu vernachlässigender Weise die Advektionsvorgänge massgebend.

Gerade die hier angeschnittenen Fragen konnten, wie Hergesell bemerkt, naturgemäss, dem Beobachtungsmaterial entsprechend,

nicht erschöpfend behandelt werden, das reiche Material, das die monatlichen internationalen Fahrten schon gebracht haben, wird auch bei Diskussion dieser Verhältnisse klärend und fördernd wirken.

Eine theoretische Darstellung der bei der vertikalen Temperaturverteilung obwaltenden Verhältnisse gab W. v. Bezold.[1]) Dieselbe führt zu folgendem Ergebnisse:

»Die Erwärmung und Abkühlung der Atmosphäre wird in erster Linie durch die Strahlungsvorgänge am Erdboden bedingt, in untergeordneter Weise durch ähnliche Vorgänge in den obern Begrenzungsflächen der Wolken.

Die letztern werden sich jedoch wegen der starken Verdunstung wahrscheinlich mehr jenen nähern, die über ausgedehnten Wasserflächen, also insbesondere über den Meeren, zu erwarten sind, für die noch keine Beobachtungen vorliegen.

Von diesen beiden Vorgängen kann sich die Erwärmung in den untersten Schichten nicht so stark geltend machen, als die Abkühlung, da die erwärmte Luft aufsteigt, und zwar um so rascher, je mehr sich die Temperaturabnahme mit der Höhe dem für das labile Gleichgewicht gültigen Grenzwerte nähert. Dieser Grenzwert ist nach Eintritt der Kondensation kleiner als im Trockenstadium.

Für die Abkühlung giebt es keine derartige Grenze, dem entsprechend kann die Temperaturzunahme mit der Höhe in den untersten Schichten zu Zeiten der sogenannten Temperaturumkehr Werte annehmen, die für gleiche Höhenstufen ein Vielfaches der grösstmöglichen Temperaturabnahme betragen. Am 24. Februar 1891 wurde ein positiver Temperaturgradient von 10^0 beobachtet, während für die negativen — 1.0^0 den kaum überschrittenen Grenzwert bildet.

Diese Ungleichartigkeit in den Vorgängen der Erwärmung und Abkühlung bedingt eine Erniedrigung der Mitteltemperatur der untern Schichten, d. h. ein steileres Ansteigen der Zustandskurven der Temperatur in ihrem untersten Stücke.

Die von dem Boden aufsteigenden Luftmassen tragen die unten aufgenommene Wärmemenge, nach Abzug der für die Expansion verbrauchten, nach oben, und zwar nicht nur die beim Verlassen des Bodens thermometrisch nachweisbaren, sondern auch jene Wärmemengen, welche zur Verdunstung des mitgeführten Wassers verbraucht wurden. Die dafür verbrauchte Wärme kommt jenen Schichten zu gute, in denen die Kondensation erfolgt, sie vermindert dort die Temperaturabnahme, und zwar um so mehr, je grösser die Ausscheidung von Niederschlag ist. Als fühlbare Wärme aber tritt sie erst im absteigenden Strome wieder auf und vermittelt dadurch jene Art der Wärmeübertragung, der ich den Namen der »zusammengesetzten Konvektion« gegeben habe.

[1]) Wissenschaftl. Zeitschrift f. Luftfahrten etc.

In den grössten Höhen endlich, wo Absorption und Emission verschwinden, und beinahe kein Wasserdampf mehr vorhanden ist, bildet adiabatisches Aufsteigen und Niedersinken trockener Luft die einzige Ursache der Temperaturänderung mit der Höhe. Die Zustandskurve für Temperatur muss sich dem entsprechend in den höchsten Schichten asymptotisch einer Geraden nähern.«

Bezüglich der beobachteten mittlern Verteilung der Temperatur in der Vertikalen während der Jahreszeiten, ergiebt sich, dass die Sommerkurve ausgesprochen den Charakter der Zeiten überwiegender Einstrahlung zeigt, während in der Winterkurve die Abkühlung des Erdbodens deutlich hervortritt, auch in den Übergängen vom Winter zum Frühlinge und vom Sommer zum Herbste kommt die Rolle, die der Erdboden spielt, sehr zum Ausdrucke. Wird unter »Wärmegehalt« die Wärmemenge verstanden, welche einer gegebenen Luftmenge zugeführt ist, um sie unter konstantem Drucke von einer willkürlich festzusetzenden Anfangstemperatur auf eine gegebene Erdtemperatur zu bringen, so erhält v. Bezold folgende

Jahreszeitliche Unterschiede im Wärmegehalte der Atmosphäre (Kalorien über 1 *qm*).

mk	Fr.-Winter.	S.-Frühling.	S.-Herbst.	H.-Winter.
0—1	2010	2360	2110	2260
1—2	960	1710	1400	1270
2—3	580	1610	1040	1050
3—4	440	1330	810	960
0—4	3990	6910	5360	5540

Die Tabelle zeigt, wie rasch die in bestimmten Schichten ausgetauschten Wärmemengen mit der Höhe abnehmen. Der Einfluss der höchsten Schichten ist deshalb auf den Wärmehaushalt der Atmosphäre nur von geringem Einflusse, wenn auch die Jahresschwankungen der Temperatur in den höchsten Niveaus, die wir durch Beobachtungen erreicht haben, von ebenso grossem Ausmasse sind, wie in den untern Schichten.

Zu diesem wichtigen Resultate macht v. Bezold noch die Bemerkung, dass der Einfluss der obern Schichten auf die Bewegungsverhältnisse der untern Schichten, besonders was Vertikalströmungen und Mischungen der obern und untern Zonen betrifft, durch diese Thatsachen in keiner Weise bestimmt ist.

15. Luftdruck.

Über den Arbeitswert einer Luftdruckverteilung und über die Erhaltung der Druckunterschiede. Max Margules berechnet[1]) die Arbeit, welche aufgewendet werden muss, um Luft

[1]) Sitzungsber. d. meteorol.-naturw. Kl. d. Kais. Akad. zu Wien 1901. No. XVIII.

aus dem Zustande des Gleichgewichtes in eine vorgeschriebene andere Massenverteilung zu bringen, welche Arbeit in einem geschlossenen atmosphärischen Systeme als potentielle Energie anzusehen ist. Der Vergleich derselben mit der kinetischen Energie einfacher Wirbel zeigt, dass letztere weitaus grösser ist. Er berechnet dann für das bekannte Zirkulationsschema für Luftsäulen ungleicher Temperatur die zur Erhaltung der horizontalen Druckunterschiede nötige Wärmezufuhr und den Nutzeffekt. Endlich zeigt er durch eine Überschlagsrechnung, dass von den drei Reibungsursachen bei Luftbewegungen: innere Reibung, Auftreten und Verschwinden von kleinen Bewegungen im Luftstrome, »Reibung an der Erdoberfläche«, die erste ohne Belang ist, die letzte aber weitaus die übrigen übertrifft.

Der Luftdruck in den Höhen der Atmosphäre während der kalten Tage des Mai 1900. Nach dem Vorgange von H. Hergesell hat J. Vallentin die Ergebnisse der Beobachtungen in zwei österreichischen Luftballons bei der internationalen Fahrt am 12. Mai 1900 beobachtet.[1]) An diesem Tage traten in Österreich-Ungarn die Maifröste mit ungewöhnlicher Strenge auf, und morgens herrschte nahezu Windstille bei fast heiterem Wetter. Die Wetterkarte von 7^h früh zeigte im Meeresniveau eine ziemlich gleichförmige Luftdruckverteilung, je eine Depression im NO und SW, ein Maximum im NNW und ein kleineres Maximum über Südungarn. Es sind aber keine grossen Luftdruckunterschiede vorhanden. Im Maximum über 765 *mm*, im Minimum unter 755 *mm* Luftdruck. Schon die Fahrtrichtung des Ballons »Wien« zeigte, dass diese Luftdruckverteilung nicht in grosse Höhen hinaufreichen konnten, deshalb zeichnete Vallentin nach Köppens Anleitung[2]) mit Berücksichtigung des Temperaturgradienten, welcher durch die internationalen Fahrten an diesem Tage für verschiedene Orte ermittelt worden war, die Isobaren für 5000 *m* Höhe. »In der That zeigen dieselben eine bedeutend andere Form als im Meeresniveau: Das Maximum über Südungarn ist ganz verschwunden, dafür zeigt sich ein solches über Süditalien und Griechenland; das Minimum im NO hat sich sehr stark vertieft, das Maximum im NNW hat sich gegen den Atlantischen Ozean hin verschoben. Die Luftdruckgradienten sind bedeutender geworden, im Maximum sind 412 *mm*, in der Depression nur 383 *mm* Luftdruck. Ein weiteres Forschen über das Verschwinden des Maximums über Südungarn ergab, dass dasselbe schon in 2500 *m* verschwindet, die Isobaren zeigen schon in dieser Höhe ganz dieselbe Luftdruckverteilung wie in 5000 *m*, nur sind die Gradienten noch nicht so gross: Im Maximum über Griechenland sind 565 *mm* im Minimum im NE 544 *mm* Luftdruck. Vom Maximum

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 60.
[2]) Meteorol. Zeitschr. 1888. p. 470.

über Südungarn ist auch hier nichts mehr zu bemerken, es bestand offenbar nur in den untersten Schichten und dürfte wahrscheinlich durch die auffallend tiefen Temperaturen über Ungarn hervorgebracht sein. Das Maximum, welches sich in 2500 *m* und 5000 *m* über Griechenland und Süditalien zeigt, hat offenbar mit jenem über Südungarn im Meeresniveau nichts gemeinsam, denn ersteres hat in 5000 *m* genau dieselbe Lage wie 2500 *m*, ist also nicht durch schiefe Axenstellung des südungarischen Maximums zu erklären. Entsprechend der geringen Höhe dieser Anticyklone herrschte auch über Ungarn durchaus nicht anticyklonales, sondern fast ganz trübes und am folgenden Tage regnerisches Wetter. In diesem Falle verschwindet also schon unterhalb 2500 *m* eine kleine Anticyklone über Südungarn, während bei der Fahrt vom 24. März 1899 eine kleine Cyklone, welche ebenfalls über Ungarn lagerte, in ca. 3000 *m* Höhe verschwand;[1]) es scheint also, dass die rings von Gebirgen abgeschlossene ungarische Tiefebene überhaupt leicht Veranlassung giebt zu lokalen Störungen der Luftdruckverteilung bis in geringe Höhen hinauf.

Aus den dargestellten Luftdruckverhältnissen in 2500 *m* und 5000 *m* ergiebt sich auch ungezwungen die Erklärung für die Fahrtrichtung der beiden Ballons, welche nach der Luftdrucksverteilung im Meeresniveau besonders beim Ballon »Wien« unerklärlich wäre, indem derselbe mit ganz bedeutender Geschwindigkeit gegen das Zentrum der südungarischen Anticyklone hin getragen wurde.«

Über die Temperaturabnahme mit der Höhe giebt der Verfasser nach den Beobachtungen im Ballon »Wien« folgende Tabelle:

Temperaturabnahme pro 100 *m*

Aufstieg		Abstieg	
200—1000	0.26	4500—4000	0.34
	0.91	4000—3500	0.62
1000—1500	0.38	3500—3000	0.01
1500—2000	0.76	3000—2500	0.44
2000—2500	0.60		
2500—3000	0.10	2560— 200	0.85
3000—3500	0.50		
3500—4000	0.60		
4000—4500	0.40		

Auffallend sind die grossen Werte, welche sowohl beim Aufstiege wie beim Abstiege unmittelbar über dem Boden sich ergeben.

»Diese Ergebnisse der beiden österreichischen Ballons geben ein angenähertes Bild der damaligen atmosphärischen Situation, bei welcher die Maifröste in Österreich-Ungarn so streng zur Geltung kamen. Allerdings lässt sich aus diesem einen Falle nicht mit Sicherheit schliessen, welche Situation diese Kälterückfälle gewöhnlich mit sich bringt.

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. **34.** p. 354.

Jedenfalls zeigt sich auch in diesem Falle, wie Prof. Dr. H. Hergesell[1]) bei Bearbeitung der internationalen Ballonfahrt vom 13. Mai 1897 gezeigt hat, dass die Maifröste »keine lokale, an die Erdoberfläche gebundene Erscheinung sind, sondern ein meteorologisches Phänomen von weitgehender Mächtigkeit und Bedeutung, das sich auf die ganze, an den in Betracht kommenden Tagen über Europa lagernde Luftsäule bis zu den höchsten Höhen erstreckt.«

Bildung barometrischer Teilminima durch Föhne. R. Billwiller hat schon früher[2]) die Behauptung aufgestellt, dass infolge der beim Auftreten einer grossen primären, barometrischen Depression entstehenden Druckunterschiede zu beiden Seiten der Alpen die Veranlassung zur Entstehung des Föhns bereits gegeben sei, und dass die öfters bemerkte Bildung von Teildepressionen am Nordfusse der Alpen durch den Föhn selbst verursacht werde und nicht umgekehrt. Er führt nun[3]) ein Beispiel an, wo das Auftreten des Föhns auf der Nordseite der Zentralalpen offenbar dem Prozesse der Bildung eines Teilminimums vorangegangen ist. Dies war der Fall bei dem Föhn vom 19.—22. März 1900. »Wie die synoptischen Karten zeigen, lag am 18. März und den folgenden Tagen eine ziemlich tiefe Depression über Westeuropa. Gegen O hin nimmt der Luftdruck zu. Ein erheblicher Gradient über die Alpen stellte sich jedoch erst am Abende des 19. ein.

Mit dem Gradienten, d. h. dem Druckgefälle von der Südseite der Alpen gegen die Nordseite, trat am 19. eine südliche Luftströmung ein, zunächst allerdings nur in der Höhe, wie die Beobachtungen der Bergstationen Rochers de Naye, Säntis und Rigi zeigen. Aber schon am Abende (8^h) desselben Tages notierte die Thalstation Altdorf Föhn. Die Temperatur stieg hier von 1^p bis 9^p von 5.1 bis 8.5°, während die relative Feuchtigkeit von 61 auf 23% sank. Gleichzeitig machte sich eine Föhnströmung im obern Wallis (hier als O—NO auftretend) geltend. In der darauf folgenden Nacht trat der Föhn auch im Aarethal in Meyringen auf, nachdem er sich weiter oben im Thale in Guttannen schon bereits abends sehr bemerkbar gemacht hatte. Die Erscheinung, dass der Föhn zunächst in den obern Schichten auftritt und nur allmählich sich nach unten senkt, bildet namentlich in der kältern Jahreszeit die Regel. Es erfolgt diese Senkung immer zuerst in den tief eingeschnittenen Alpenthälern, offenbar weil hier, in den am weitsten in das Gebirgsmassiv sich erstreckenden Furchen des Terrains der Gradient am

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 16.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1895. p. 207. 1899. p. 206.

[3]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 1.



Fig. 1.



Fig. 2.

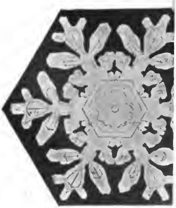


Fig. 3.

Ed. Hch. Mayer, Verlag.

Leipzig.

Mikrophot

beträchtlichsten ist. Die Verdrängung der über den Niederungen des Alpenvorlandes stagnierenden kalten Luft durch die warme Föhnluft, resp. die Vermischung mit dieser vollzieht sich nur langsam. So kommt es, dass der Föhn in den Alpenthälern oft 2—3 Tage heftig weht und erst später in einiger Entfernung von den Alpen sich bemerkbar macht. In einzelnen Fällen bleibt indessen sein Auftreten auf die Alpenthäler beschränkt, und es ist über dem Flachlande nur in den obern Schichten eine Luftbewegung bemerkbar. Im vorliegenden Falle ist es von Bedeutung, zu konstatieren, dass der Eintritt des Föhns im Reussthale bereits am 19. abends, im Aarethale in der darauf folgenden Nacht erfolgte, dass er am 20. dort intermittierend und mit wechselnder Stärke wehte, am 21. früh mit verstärkter Gewalt einsetzte, dann auch im Linththale (Glarus) auftrat und sich bis ins Alpenvorland erstreckte. In Zürich machte er sich nach 11[a] bemerkbar. Am Mittage dieses Tages war jedoch wie die auf das Niveau von 500 *m* reduzierten Isobaren zeigen, von einem Teilminimum über dem Alpengebiete noch nichts zu bemerken. Der Luftdruck nahm vom O des Landes gegen W ab, was, da das Depressionszentrum über Südwesteuropa lag, ganz normal ist. Erst am Abende des 21., nachdem also während des ganzen Tages der Föhn auf der Nordseite der Alpen geweht hatte, zeigte sich über dem Genfersee ein barometrisches Teilminimum, das dann der Alpenkette entlang nordostwärts zog, am Morgen über der innern Schweiz lag und mittags noch in der Gegend von Chur sich bemerkbar machte. Dass dabei beim Vorübergange des Teilminimums auf der Südseite desselben der Föhn mit verstärkter Gewalt auftrat, ist selbstverständlich, da ja hierbei der Gradient verstärkt wird. So wurde z. B. aus dem Val d'Illiez, einem linksseitigen Nebenthale des untern Wallis, wo der Föhn sonst nicht häufig auftritt, in der Nacht vom 21.—22. ein äusserst heftiger Föhnsturm gemeldet, der grossen Schaden in den Waldungen anrichtete. Aber die Ursache der Bildung des Teilminimums ist offenbar in dem seit dem 19. erfolgten Auftreten der Föhnströmung zu suchen, nämlich in dem durch dieselbe entstandenen thermischen Gradienten. Am Nordfusse der Alpen erfährt bei Föhnwirkung die Luft eine rasche Temperaturzunahme, während die Erwärmung der weiter vom Gebirge entfernten Luftmassen eine viel allmählichere und geringere ist. Dadurch wird das Gleichgewicht gestört und eine cyklonische Bewegung eingeleitet. Es erscheint mir viel natürlicher, in diesem Umstande die Ursache der so häufig, aber nicht immer auftretenden, am Nordfusse des Alpenkammes sich ostwärts hinziehenden Teilminima zu suchen, wie den Föhn, der dem Auftreten solcher Gebilde stets voraus geht, als eine durch diese bewirkte und an sie gebundene Begleiterscheinung zu betrachten, die Teilminima selbst aber als durch unbekannte Zufälle entstanden zu erklären.«

16. Wolken.

Die internationalen Wolkenbeobachtungen vom 1. Mai 1896 bis 1. Juli 1897 in Nordamerika sind in einem grossen, von Bigelow herausgegebenen Werke bearbeitet,[1]) von dem R. Süring eine kritische Würdigung giebt.[2]) Hier sollen zunächst aus letzterer nur die Höhen- und Geschwindigkeitsmessungen in Washington 1896—1897 mitgeteilt werden. Süring giebt darüber folgende Tabelle:

Wolkenmessungen in Washington 1896—1897.

	Höhen in *km*				Geschwindigkeiten in *m* p. s.			
	Mittel				Mittel			
	Sommer	Winter	Maximum	Minimum	Sommer	Winter	Max.	Min.
Ci	10.36	9.51	16.46[3])	4.98	30.3	34.9	83.7	1.0
Ci-S.	10.62	9.53	16.16	5.14	26.9	30.4	91.9	1.5
Ci-Cu	8.83	7.41	15.60	2.98	23.4	33.4	90.0	2.1
A-S	5.77	4.80	15.55	1.40	17.6	21.3	47.5	2.7
A-Cu	5.06	3.82	10.90	1.37	16.5	21.1	53.9	1.2
S-Cu	2.87	2.40	7.28	0.80	10.5	15.1	32.8	1.8
N	1.93	1.80	4.24	0.63	8.5	11.9	14.0	4.5
Cu (Kuppel) .	3.07	2.86	—	—	—	—	—	—
Cu (Gipfel) . .	1.82	1.69	6.76	0.91	7.0	10.9	40.3	0.4
Cu (Basis) . .	1.18	1.20	2.89	0.41	—	—	—	—
Cu-N (Gipfel)	4.96	3.73	16.09	1.39	15.3	21.1	47.4	1.8
Cu-N (Basis).	1.00[4])	—	1.68	0.70	—	—	—	—
S	0.84	1.13	2.43	0.21	6.0	10.5	13.9	0.3

Es ist, sagt Süring, auffallend, dass die mittlern und obern Wolken fast durchweg bedeutend höher sind als über dem Blue Hill, im Mittel fast 800 *m*; die Geschwindigkeiten stimmen besser überein. Die Abhängigkeit der Wolkenhöhe von Temperatur, Druck, Gradient und Zugrichtung ist eine wenig ausgeprägte. Dagegen zeigt die Häufigkeits- und Geschwindigkeitsverteilung in der Vertikalen einen charakteristischen Gang und gute Übereinstimmung; im allgemeinen fallen Zonen maximaler Häufigkeit und maximaler Geschwindigkeit nahezu zusammen. Hiernach ist die Atmosphäre in Ströme von ca. 2000 *m* Dicke zerlegt. Minima der Geschwindigkeit treten ein bei 2600, 4800, 6800, 8200 und 12400 *m*. Das Abflauen des Windes über 12000 *m* ist sehr ausgeprägt. Die mittlere Zugrichtung der obern Wolken ergab sich nach den nephoskopischen Stationen zu NW bis W, im Sommer überwiegt Ci aus SW. Nur die Station

[1]) Report of the Chief of Weather Bureau 1898—1899 Washington 1900. 2: Bigelow, Report on the international cloud observation.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 142.

[3]) Die Tabelle für Maxima ist neu aufgestellt, da Bigelow nur die mittlere Höhe der höchsten 1000 *m* Schichten angiebt. Die dort aufgeführte Maximalhöhe von 17182 *m* ist ein Druckfehler; es muss heissen 15182.

[4]) Dieser Wert für Cu-N ist nach den Einzelmessungen neu berechnet, da die veröffentlichte Zahl (1.75 *km*) offenbar falsch ist.

Key West (Florida) zeigt grössere Störungen. Die meisten Wolken zeigten ein Hauptmaximum der Höhe im Hochsommer und zwei sekundäre Maxima im Februar und November. Richtung und Geschwindigkeit der einzelnen Wolkenformen wurden getrennt für Luftdruckmaxima und -minima untersucht. Ferner sind die nephoskopischen Messungen ihrer Richtung und Geschwindigkeit nach zerlegt in vier Jahreszeiten und in zwanzig verschiedene Zonen maximaler und minimaler Druckverteilung. Diese Tabellen sind auch graphisch dargestellt, und man erkennt recht deutlich, wie bei Ci, Ci-S und Ci-Cu die Abweichungen von der westlichen Strömung sehr gering sind, wie bei A-S und A-Cu die Tendenz zu einer Drehung schnell anwächst, und wie bei S-Cu, Cu und S die anticyklonale und cyklonale Zirkulation die allgemeine Westströmung überwiegt. Im Winter erstreckt sich die Tendenz zu Zirkulationen höher hinauf als im Sommer. Die relativen Geschwindigkeiten sind dann unter Zugrundelegung der mittlern in Washington gefundenen Höhen in wahre Geschwindigkeiten umgerechnet, und es entstehen so neue Karten, auf welchen die jährlichen Vektoren, d. h. die Stärke und Richtung der Luftströmungen in Hoch- und Tiefdruckgebieten, dargestellt werden. Diese Karten führen zu dem Schlusse, dass die Hochdruckgebiete stärker sind als die Depressionen. Die Regel, dass der Wind mit der Höhe immer mehr nach rechts dreht, stimmt nur im SO-Quadranten der Cyklone; die Regel lautet besser: Jede Richtung wird mit zunehmender Höhe westlicher. Es bestätigt sich also das schon von Clayton gefundene Resultat, dass das Hildebrandsson-Leysche Schema der Zirkulation von obern Wolken nicht allgemein gültig ist.

Von grosser Bedeutung, wenn auch ohne direkte Beziehung zu den internationalen Wolkenmessungen ist Kapitel 8, welches die typischen lokalen Zirkulationen über den Vereinigten Staaten darstellt. Es sind zwölf charakteristische Druckverteilungen ausgesucht und für jede aus möglichst vielen Wetter- und Wolkenkarten des Weather Bureau mittlere Richtungen für Wind, untere und obere Wolken graphisch ermittelt. Die interessanteste dieser Karten ist wohl die, wo im Sommer oder Herbst ein Minimum über den südatlantischen Staaten liegt. Diese Wetterlage ist zur Entwickelung der tropischen Wirbelstürme besonders günstig, und abweichend von allen andern Karten haben wir hier in der obern Wolkenregion nicht mehr eine ungestörte Westströmung, sondern eine cyklonale Drehung bis hinauf zu den Ci.

Wolkenbeobachtungen in den Nordwestprovinzen Indiens vom Dezember 1898 bis März 1900.[1]) Die Messungen

---

[1]) Indian Meteor. Memoirs 9. III. p. 253. Calcutta 1901. Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 430.

sind in Allahabad ausgeführt worden. Die nachfolgende von R. Süring zusammengestellte Tabelle giebt für die beiden Jahreszeiten (die Monsunzeit von Juni—Oktober und die trockenen Monate November bis Mai) die mittlern Höhen und Geschwindigkeiten der Wolken.

Wolkenform	Höhe in *m* Juni—Okt.	Höhe in *m* Nov.—Mai	Geschwindigkeit (*m* p. s.) Juni—Okt.	Geschwindigkeit (*m* p. s.) Nov.—Mai	Zahl der Höhenmessungen Juni—Okt.	Zahl der Höhenmessungen Nov.—Mai
Ci	10695	12790	7.8	37.7	42	177
Ci-S. . . .	—	13248	—	17.0	—	8
Ci-Cu . . .	11184	11459	—	14.9	5	15
A-Cu . . .	4408	6162	6.6	24.4	64	228
S-Cu . . .	—	3456	—	15.9	—	1
N	742	4908(?)	1.5	—	4	1
Cu	1663	1250	6.1	4.6	20	30
Fr-Cu . . .	—	2525	—	—	—	3
Cu-N . . .	1620	2427	—	13.3	8	14

Wolkenform	Zahl der nephosk. Messungen Juni—Okt.	Zahl der nephosk. Messungen Nov.—Mai
Ci	10	85
Ci-S. . . .	—	2
Ci-Cu . . .	—	4
A-Cu . . .	10	97
S-Cu . . .	—	1
N	1	—
Cu	4	26
Fr-Cu . . .	—	—
Cu-N . . .	—	14

Ein Minimum der Häufigkeit (also grosse Wolkenarmut) tritt deutlich in 2500 *m* Höhe, Maxima dagegen treten in 1000 *m* und zwischen 6000 und 10000 *m* Höhe hervor.

Cirrusstudien. Über die Ergebnisse seiner vieljährigen Beobachtungen der Cirruswolken berichtet Dr. Klein.[1]) Schon vor 29 Jahren hat er als Ergebnis seiner Untersuchungen der in Köln 1850 bis 1871 dreimal täglich angestellten Wolkenbeobachtungen mitgeteilt, dass die Cirruswolken in den Jahren der Sonnenfleckmaxima zahlreicher, um die Zeiten der Sonnenfleckminima seltener auftreten. Dieser parallele Gang mit der Sonnenfleckhäufigkeit zeigte sich auch wenn man die Morgen-, Mittag- und Abendbeobachtungen gesondert darstellte oder jede der beiden Jahreshälften getrennt gruppierte. Der damaligen Reihe kann er jetzt die Beobachtungen von weitern 28 Jahren beifügen, so dass im ganzen die Sonnenfleckperioden vom Maximum 1848 bis zum Minimum 1901 von Cirrusbeobachtungen begleitet sind.

Von dieser neuen Reihe gehören die Beobachtungen der Jahre 1872—1881 dem durch seine Sonnenfleck- und Nordlichtbeobachtungen bekannten Lehrer W. Weber in Peckeloh (in Westfalen) an,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 157.

die übrigen sind von Dr. Klein in Köln angestellt worden. In dieser neuen Reihe werden übrigens nur die Tage, an denen Cirruswolken gesehen wurden, aufgezählt, da nicht nur an drei täglichen Terminstunden, sondern so oft als thunlich nach der Bewölkung gesehen wurde.

Die berechneten Häufigkeitszahlen finden sich in der folgenden Tabelle.

Jahr	A	B	Jahr	A	B
1882	128	223	1892	89	125
1883	113	192	1893	71	101
1884	87	145	1894	70	111
1885	97	149	1895	75	115
1886	75	121	1896	62	119
1887	82	130	1897	73	120
1888	69	115	1898	66	116
1889	40	70	1899	57	92
1890	51	86	1900	18	40
1891	67	118			

Vergleicht man die Maxima und Minima aller drei Beobachtungsreihen von 1850—1900 mit den Zeiten der Maxima und Minima der Sonnenflecke (nach Wolf und Wolfer), so ergiebt sich folgendes:

Häufigkeit der Cirruswolken		Sonnenfleckenrelativzahlen	
1851 Maximum	1879 Minimum	1849 Maximum	1879 Minimum
1856 Minimum	1882 Maximum	1856 Minimum	1884 Maximum
1862 Maximum	1889 Minimum	1861 Maximum	1890 Minimum
1865 Minimum	1892 Maximum	1868 Minimum	1894 Maximum
1870 Maximum	1900 Minimum	1871 Maximum	1901 Minimum

Die Übereinstimmung ist eine so deutliche, wie man sie nur erwarten kann, und der parallele Gang in der Häufigkeit beider Phänomene nicht zu bezweifeln.

Von einer jährlichen Periode der Cirrushäufigkeit zeigen die Beobachtungen mit Sicherheit nichts, nur ist eine geringe Zunahme im Juli und August angedeutet, während doch auf den Juni das absolute Minimum fällt, und der Januar dem August fast gleich kommt.

Eine tägliche Periode der Cirruswolken ist sehr schwer festzustellen, teils weil es praktisch unthunlich ist, die Momente des ersten Auftretens und die letzten des Verschwindens derselben festzustellen, teils weil auch Schätzungen der Quantität hierbei eine Rolle spielen. Dazu kommt die ungleiche Tagesdauer in den verschiedenen Jahreszeiten, indem die Wahrnehmung von Cirren, ausser bei Mondschein, zur Nachtzeit unmöglich ist. Unter diesen Umständen hat er sich damit begnügen müssen, festzustellen, wie oft Cirrus notiert wurde während dreier gleich langen Abschnitte des Tages, nämlich von 8—11 Uhr vormittags, von 11 Uhr vormittags bis 2 Uhr nachmittags und von 2—5 Uhr nachmittags. Hiernach nehmen die Cirren vom Morgen bis zum Mittage an Häufigkeit zu und gegen Abend stark ab.

Bei der Bestimmung des Zuges der Cirren hat Verfasser acht Richtungen unterschieden, aus denen der Zug erfolgt. Daneben wurde die Geschwindigkeit der Bewegung berücksichtigt, insofern, als notiert wurde, ob die Bewegung so langsam erfolgte, dass sie nur mit Aufwendung ganz besonderer Aufmerksamkeit festgestellt werden konnte, oder ob sie sogleich auf den ersten Blick erfasst wurde; endlich ob überhaupt keine Bewegung zu erkennen war. Folgende Tabelle giebt die beobachtete Häufigkeit der Cirren unter h mit langsamer, unter h' mit rascher Bewegung während des Zeitraumes 1882 bis 1900 einschliesslich.

Zugrichtung aus	h	h'	Zugrichtung aus	h	h'
SO	27	7	N	108	83
S	102	22	NO	26	6
SW	294	124	O	27	6
W	318	104	Ohne Zug	240	—
NW	160	78			

Das starke Überwiegen raschen Cirruszuges aus SW—NW über denjenigen aus östlichen bis südlichen Richtungen ist bemerkenswert und dürfte kaum zufällig sein. Besonders häufig tritt rascher Zug der Cirren aus NW auf, gleichsam als wenn die Bewegung durch eine allgemeine Drift der höchsten Luftschichten aus NW unterstützt würde.

Lange, den Himmel überspannende Cirrusstreifen zeigen optische Konvergenz gegen den Horizont hin, in zwei 180° voneinander entfernten Punkten. Am häufigsten sind diese koordinierten Konvergenzpunkte SW und NO, fast ebenso oft NW und SO, seltener W und O, am seltensten S und N. In allen diesen Positionen können Drehungen der Konvergenzpunkte in Bezug auf das Azimut vorkommen, am häufigsten bei der Richtung W—O, weniger häufig bei der SW—NO, am seltensten bei der Richtung NW—SO. Die Drehung der Lage der Konvergenzpunkte kann sowohl gegen N als gegen S hin erfolgen, im ersten Falle geschieht sie erheblich langsamer als im letztern, nämlich gegen links durchschnittlich $1^3/_4{}^h$ pro 45°, gegen rechts $3^1/_4{}^h$ pro 45°. Eine grössere Drehung der Konvergenzpunkte als um 45° im Horizont ist nicht beobachtet worden.

Um die Abweichung der Richtung des Cirruszuges vom untern Winde zu untersuchen, wurden, mit Rücksicht auf die herrschende Theorie, die Beobachtungen bei hohem und niedrigem Luftdrucke unterschieden. Es wurden auch absolute Barometerstände unterschieden, und zwar drei Gruppen: a) solche unter 761 *mm*, b) solche von 761—763 *mm*, c) solche über 763 *mm*. Im allgemeinen kann man die erstern als der Herrschaft eines barometrischen Minimums, die letztern als derjenigen eines Maximums unterstellt betrachten, während b) dem Grenzgebiete beider angehört. Die folgende Tabelle giebt die Ergebnisse dieser Zusammenstellung.

Richtung, aus der die Cirren ziehen, und Abweichung dieser Richtung von der des untern Windes:
+ nach rechts, — nach links.

	O	SO	S	SW	W	NW	N	NO
Luftdruck <—761 *mm* . . .	—45°	—37	0	—18	—51	—37	+30	0°
» 761—763 *mm* . . .	+45	0	—20	—35	—55	—21	+72	0
» 763 *mm* —> . . .	+ 6	—25	—47	—31	—14	—23	+39	+12
Cirruszug 180° von d. Windrichtung abweich.; Anz.:	—	1	1	2	2	38	5	—
Schnell ziehende Cirren:								
Luftdruck <—761 *mm* . . .	—	—	—4°	—10	—47	—42	0	0°
» 761—763 *mm* . . .	+45°	0	+ 9	+ 8	0	—15	—	—
» 763 *mm* —> . . .	+18	0	—15	—17	—43	—22	+28	—45
Cirruszug 180° von d. Windrichtung abweich.; Anz.:	—	—	—	2	—	15	2	—

Im allgemeinen bestätigt diese Tabelle die herrschenden Ansichten über die Richtung der obern und untern Luftströmungen in cyklonalen und anticyklonalen Gebieten, doch kommen im nördlichen und östlichen Quadranten Abweichungen vor, welche bei der relativ nicht geringen Anzahl der Beobachtungen anzudeuten scheinen, dass die Verhältnisse keineswegs so einfach liegen, wie sie in der Theorie angenommen werden.

Die Untersuchung der einzelnen Depressionen (T) und Hochdruckgebiete (H), welche gut begrenzt und in grösserer Nähe bei Köln auftraten, ergab über die Beziehung der Zugrichtung der Cirruswolken zu denselben folgendes:

O. Bei Cirruszug aus dieser Richtung ist H meist besser hervortretend als T. Am häufigsten kommt alsdann H vor auf den britischen Inseln und der Nordsee, weniger oft, aber typisch, über dem südlichen Skandinavien und der Ostsee.

SO. Bedingend für den Cirruszug scheint vorwiegend T über der Nordsee, H über der Ostsee und in der Umgebung des Meerbusens von Riga, dann aber auch T am Kanale und dem St. Georgskanale, H über Finnland bis zum Meerbusen von Riga.

S. Am häufigsten liegt T über England und der südlichen Nordsee, H über Mitteleuropa, bisweilen bedingt auch T in der Nähe des Busens von Riga den Zug der Cirren.

SW. Am häufigsten bestimmend für den Cirruszug ist T über der südlichen oder mittlern Nordsee und England, etwas weniger oft T über der Irischen See, mit H über den östlichen Teilen der Ostsee und den angrenzenden Gebieten Russlands, aber auch mit H über Ungarn, Mähren und Böhmen. Eine zweite Position von T tritt über Südschweden und der Ostsee auf, gleichzeitig mit Cirruszug aus SW. in Köln.

W. Bestimmend für diesen Cirruszug ist T im mittlern Azimut von 140°, am häufigsten liegend über der Nordsee und an der Südspitze Norwegens oder auch selbst über Jütland, ein Drittel weniger häufig über England und der Irischen See. Diese Depressionen

treten zusammen mit H im Azimut von 253°, etwas weniger oft mit H im 35.° auf. Auch bedingt T am Kanale und bei den Scillys oder über Mittel- und Südwestfrankreich in Verbindung mit H über Norddeutschland, der Ostsee und dem westlichen Russland bis nach Petersburg hin oft den Cirruszug aus W für Köln.

NW. Das bestimmende T liegt meist über Dänemark und Schweden bis zum Rigaschen Meerbusen, H gleichzeitig über Frankreich, bis zum Kanale einerseits und bis nach Piemont anderseits schwankend.

N. Meist T über Südschweden bis Finnland, bisweilen auch über Ostpreussen und Polen, während dann H meist über Frankreich liegt, südöstlich bis nach Oberitalien, nordwestlich bis England schwankend.

NO. Für die Richtung des Cirruszuges in Köln zeigte sich massgebend T über dem südlichen Schweden bis Petersburg und Riga, H zwischen Georgskanal und Nordsee, ein zweites in Verbindung mit obigem T etwas weniger oft vorkommendes H liegt stets weit ausserhalb dieser Zone.

Es zeigte sich ferner, dass die Bewegungsrichtung der Cirruswolken in keiner einfachen Beziehung zu der Lage des nächsten Depressionszentrums steht. Bewegung der Cirruswolken aus SO, S, SW und W treten bei gleicher Position der Depressionen auf, und ähnliches gilt für die aus NW, N und NO über Köln hinwegziehenden Cirren. Dagegen scheint es, dass die Positionen der Maximalgebiete auf die Richtung der Cirrusbewegung einen bisweilen bestimmenden Einfluss ausüben. Auch könnte das gleichzeitige Auftreten mehrerer Depressionszentren die Bewegungsrichtung der Cirren gegenseitig beeinflussen.

Leuchtende und selbstleuchtende Nachtwolken. Eine kritische Darstellung des über leuchtende Nachtwolken Bekannten unter Beifügung einiger Belehrungen gab A. Stentzel.[1]) Er unterscheidet zwischen »leuchtenden« oder »beleuchteten«, d. h. in reflektiertem Lichte, und »selbstleuchtenden«, d. h. in eigenem Lichte schimmernden Nachtwolken; weiter zwischen den Arten des von diesen Wolken reflektierten oder ausgesandten Lichtes, insbesondere bei den selbstleuchtenden Nachtwolken. Während nämlich das Licht der leuchtenden Wolken stets reflektiertes Sonnenlicht ist, kann das Licht der selbstleuchtenden Wolken je nach der dieses hervorrufenden Ursache verschiedener Natur sein.

Über leuchtende Nachtwolken haben vornehmlich O. Jesse in Steglitz und F. S. Archenhold in Halensee bei Berlin, ferner Eduard Penning, Dr. Fr. Hahn, Dr. Stade u. a. Beobachtungen angestellt, während der Erscheinung selbstleuchtender Wolken von Kapitän Vogelsang, Dr. Gustav Pröll, Freih. Gregor Friesenhof,

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 448.

Wallovich, Jul. Blaskovics, Joseph von Kosztolányi, Johannes Zacharias u. a. Erwähnung gethan wird.

»Leuchtende, d. h. in reflektiertem Lichte scheinende Wolken bieten nur dann ein hervorragendes Interesse, wenn sie in Höhen stehen, in denen für gewöhnlich keine Wolken mehr vorkommen. Cirruswolken erreichen bekanntlich selten eine grössere Höhe als 13 *km*, wogegen man in den Jahren nach 1885 vielfach cirröse Wolken beobachtet hat, deren Höhe auf 50—80 *km* berechnet worden ist. Nach Jesse's Beschreibung tritt das Phänomen dieser leuchtenden Nachtwolken immer nur innerhalb desjenigen Teiles des Abend- und Morgenhimmels auf, welcher von dem Dämmerungslichte erhellt, und welcher gegen den Nachthimmel durch einen mehr oder weniger verwachsenen Halbkreis, den Dämmerungsbogen begrenzt ist. Es erscheint, wenn es überhaupt vorhanden ist, am Abende dann, wenn die Sonne etwa 10° unter dem Horizonte sich befindet, oder wenn der Dämmerungsbogen eine Höhe von etwa 20° über dem Horizonte hat, und es bleibt gewöhnlich so lange sichtbar, als die Dämmerung anhält; morgens ist der Verlauf umgekehrt. Die leuchtenden Nachtwolken sind den gewöhnlichen Cirruswolken in Bezug auf Form und Struktur sehr ähnlich; aber sie unterscheiden sich in einigen wesentlichen Punkten von ihnen, wodurch sie im allgemeinen sofort zu erkennen sind. Wenn nämlich gewöhnliche Cirruswolken innerhalb des Dämmerungssegmentes zu jener Zeit, wenn die Sonne 10° und mehr unter dem Horizonte ist, sich befinden, so sind dieselben immer dunkler, als der sie umgebende Dämmerungshimmel; die leuchtenden Nachtwolken sind dagegen immer heller als der letztere. Die leuchtenden Nachtwolken verschwinden aber gänzlich, sobald der Dämmerungsbogen über sie hinweggeht, und nur derjenige Teil bleibt sichtbar, welcher innerhalb des Dämmerungssegmentes liegt. In Bezug auf die Farbe der leuchtenden Nachtwolken ist zu erwähnen, dass dieselben mit einem weissen, silberartigen Glanze leuchten, welcher in der Nähe des Horizontes mehr in Goldgelb übergeht. Berücksichtigt man ferner den tiefen Stand der Sonne von 10—18° unter dem Horizonte, bei welchem das Phänomen nur sichtbar ist, bei welchem aber die sonstigen auffallenden Lichteffekte der Dämmerung meist schon verschwunden sind, so wird man über die leuchtenden Nachtwolken nicht zweifelhaft sein können. Bemerkenswert ist es ferner noch, dass das Phänomen innerhalb der jahreszeitlichen Periode der Sichtbarkeit nicht an jedem sonst wolkenfreien Abende oder Morgen auftritt, sondern dass es meist in Zwischenräumen von 8—14 Tagen erscheint, und dann in der Regel mehrere Nächte hintereinander sichtbar ist. Jesse u. a. führten das Auftreten dieser Wolkengebilde, die in den letzten Jahren etwas seltener sich gezeigt haben, auf die am 26. und 27. August 1883 erfolgten ausserordentlich heftigen und verheerenden Ausbrüche der Vulkane Pik Rakáta (Krakatau),

Perbuwatan und Danan in der Sundastrasse zurück, indem sie annehmen, dass diese Vulkane Staub- und Gasmassen bis zu jener enormen Höhe emporgeschleudert haben, worauf diese Stoffe sich in der Atmosphäre um die ganze Erde verbreiteten. Allerdings hat eine solche Annahme viel Wahrscheinlichkeit, denn die in den Jahren 1885—1886 so glänzende Wolkenerscheinung läuft ziemlich parallel mit den sonstigen unzweifelhaft durch jene Eruption hervorgerufenen atmosphärischen Störungen. Es liegt auch kein Grund vor, weshalb die eruptiven Gasmassen nicht in die durch Messung gefundenen Höhenschichten geschleudert sein sollten.

Selbstverständlich spielt die materielle Beschaffenheit der hochstehenden Nachtwolken für die Beleuchtung nur insofern eine Rolle, als dadurch die Färbung derselben gewisse Verschiedenheiten aufweist; denn das sie treffende Sonnenlicht kann je nach dem gasartigen oder staubartigen Charakter der Hochcirren mancherlei Absorptionen erleiden.

Darf man das Leuchten der hellen Nachtwolken dieser Art im allgemeinen für klargestellt erachten, da die Ursache desselben, Sonnenlichtreflexion, unzweifelhaft feststeht, so vermag man über das Wesen des Lichtes der selbstleuchtenden Nachtwolken noch wenig bestimmtes zu sagen, da trotz ihres gar nicht seltenen Vorkommens doch relativ nur spärliche Beobachtungen vorliegen.

Vor allem haben wir zwischen dem Leuchten beider Arten Wolken einen Hauptunterschied festzuhalten: Die leuchtenden (reflektierenden) Gebilde beginnen stets ganz allmählich an Lichtintensität zuzunehmen, schimmern dann eine längere Zeit, oft (von der Polarsonne beschienen) die ganze Nacht hindurch in ziemlich gleich bleibender Helligkeit und verschwinden oder verblassen ebenso allmählich wieder, wie sie aufleuchteten; die selbstleuchtenden (aktinischen) Gebilde hingegen tauchen unvermutet, mitunter ganz plötzlich auf, schimmern meist nur kürzere Zeit, oft nur Momente, und verschwinden gerade so plötzlich und rätselhaft, wie sie gekommen, oder verlieren doch relativ schnell ihr Licht, um dann als dunkle Wolken auf hellerem Hintergrunde sichtbar zu bleiben, ja, ihr Licht springt vielfach blitzschnell von einer Wolke auf die andere oder huscht am ganzen Himmel umher.

Ein fernerer Unterschied beider besteht darin, dass die reflektierenden Wolken abends um so später und morgens um so eher aufleuchten, je höher sie stehen, und zwar treten abends zunächst die gewöhnlichen Kumuluswolken (in der Abendröte) durch ihre Lichtfülle hervor, ihnen folgen die Cirruswolken und diesen die höchststehenden Wolken; morgens findet dieser Vorgang in umgekehrtem Sinne statt; der Stand der Sonne ist also für diese Wolken der massgebende Faktor. Selbstleuchtende Wolken hingegen können zu jeder beliebigen Nachtzeit auftreten und leuchten auf oder verlöschen ohne Rücksicht auf ihre Höhe oder ihren Standort

zur Sonne. Diese an sich so selbstverständlichen Eigenschaften beider Arten von lichten Wolken bedürfen doch notwendigerweise der Festlegung, um die Trennung der einzelnenen Kategorien zu erleichtern.

Gleichsam einen Übergangstypus von den leuchtenden Hochcirren zu den selbstleuchtenden Wolken bilden die, in noch weit bedeutenderen Höhen, nämlich bis zu 100 geographischen Meilen hoch, vorkommenden scheinbaren Wolken gewisser Nordlichter. Diffuse, begrenzten mattweissen Kumuluswolken äusserlich täuschend ähnlich, tauchen sie einzeln oder zu mehrern in dem bekannten Nordlichtbogen plötzlich auf, leuchten eine kürzere oder längere Zeit (Sekunden, Minuten und mehr) und verschwinden darauf so spurlos, dass man zunächst an eine Täuschung zu glauben geneigt ist, und sich erst durch die Wiederkehr des sonderbaren Schauspiels von der Richtigkeit des Gesehenen überzeugen muss.

Dass das Leuchten dieser Scheinwolken, wie das aller Polarlichter lediglich ein elektrischer Strahlungsvorgang ist, weiss man längst, weniger Klarheit dürfte aber über das Wesen des dunklen Segments herrschen, das zumeist bei Polarlichtern unterhalb des Lichtbogens bemerkt wird.

Ob es auch selbstleuchtende Hochcirren und Cirren giebt, darüber kann zur Zeit noch nichts bestimmtes gesagt werden, obwohl dies sehr wahrscheinlich ist; bei den bisherigen Beobachtungen leuchtender hochstehender Wolken hat man indessen stets reflektiertes Licht angenommen, vielfach sogar unzweifelhaft nachgewiesen.

Perlmutterwolken hat die letzte dänische Expedition, die zur Untersuchung der Nordlichter in das Polargebiet entsandt worden war, beobachtet und in den Berichten der dänischen Akademie der Wissenschaften beschrieben. Diese Wolken haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den leuchtenden Wolken, die jahrelang in unsern Breiten zur Nachtzeit Aufsehen erregt haben. Sie erhielten ihren eigentümlichen Namen Perlmutterwolken von Prof. Mohn. Die Expedition hatte zweimal Gelegenheit, sie zu sehen. Das erste Mal gelang es auch, die Höhe der Wolken zu etwa 40 *km* über der Erdoberfläche zu messen. Bei der zweiten Gelegenheit war dies nicht möglich, da alle Mitglieder der Expedition an demselben Orte vereinigt waren, aber sie konnten einige sehr merkwürdige Beobachtungen über die Bewegung der Wolke anstellen. Zunächst erschien sie als ein horizontales Band über dem südwestlichen Horizonte in einer Höhe von 30—35°, zog ziemlich langsam gegen Ost, blieb dann stehen und kehrte wieder zu ihrer frühern Stellung zurück. Während der Rückwärtsbewegung löste sich ein Teil der Wolke von kreisförmigem Umrisse ab und zog mit einer Geschwindigkeit von 1° in 4 Sekunden für sich allein gegen Süden. Nachdem sie 7° am Himmelsgewölbe durchmessen hatte, zerstreute sich die kleine Wolke. Dass diese

Bewegungen den Perlmutterwolken eigentümlich waren, ging daraus hervor, dass ein Cirrostratus, der gleichzeitig in der entsprechenden Himmelsgegend stand, zur selben Zeit unbeweglich blieb. Die Farbe der Wolken war etwas wechselnd, am Rande meist rot, nach der Mitte zu von rosa bis grün. Diese Wolken erschienen bei hellem Tageslichte nahezu um die Mittagsstunde. Eine Beobachtung durch das Spektroskop ergab nur die Linien des gewöhnlichen Spektrums des Himmelsgewölbes bei Tageslicht, ausserdem einige Absorptionslinien von Wasserdampf. Wahrscheinlich verhinderte jedoch nur das starke Sonnenlicht die Wahrnehmung besonderer Eigentümlichkeiten in dem Spektrum der Wolken. Ihre eigenartige Bewegung liess sich nicht aus dem Einflusse eines Windes erklären, vielmehr meint Professor Paulsen, der Leiter der Expedition, dass die Perlmutterwolken durch andere Kräfte ihre Bewegung erhalten haben müssten, und zwar durch die Mitwirkung der Elektrizität. Der französische Meteorologe Brillouin hat darauf hingewiesen, dass die Eisnadeln, die in grossen Mengen in den höhern Schichten des Luftmeeres enthalten sind, unter dem Einflusse der ultravioletten Sonnenstrahlen eine positive elektrische Ladung annehmen, während gleichzeitig die umgebende Luft negativ elektrisch wird. Paulsen erklärt nun die Bildung einer Perlmutterwolke aus Strömungen negativer Elektrizität, die die Eigenschaft besitzt, Wasserdampf zu verdichten. Die Wolken bewegen sich seiner Ansicht nach wahrscheinlich in der Richtung der elektrischen Strömungen.

Der Wassergehalt der Wolken ist von V. Conrad während eines dreimonatlichen Aufenthaltes auf dem Hohen Sonnblick, sowie durch Messungen auf dem Schneeberg und Schafberg untersucht worden. Er kommt zu folgenden Ergebnissen:[1]) 1. Wolken mit einer Sehweite von über 110 *m* haben einen verschwindend kleinen Wassergehalt. 2. Wolken mit 12 *m* Sehweite sind als sehr dichte zu bezeichnen und enthalten etwa 5 *g* flüssiges Wasser im Kubikmeter. 3. Die auf optischem Wege gemessenen Durchmesser der Tröpfchen in den Wolken schwanken zwischen 27 und 37 μ. Die Mittelwerte der Sehweiten in Metern und der Wassermengen in Grammen waren folgende:

20 *m*:	4,46 *g*	48 *m*:	0,99 *g*
28 *m*:	2.76 *g*	70 *m*:	0,50 *g*
35 *m*:	1,58 *g*	80 *m*:	0,38 *g*

Schichtbildungen in der Atmosphäre. Die wissenschaftlichen Luftfahrten, ebenso die Drachenaufsteigungen, sowie die systematischen Messungen der Wolkenhöhen, haben schichtförmige Übereinanderlagerungen der Luftmassen als regelmässige Erscheinungen erkennen lassen. Diese Thatsache zeigt sich in der Unstetigkeit

[1]) Wiener akadem. Anzeiger 1901. p. 132.

der vertikalen Verteilung der einzelnen meteorologischen Elemente deutlich. Dr. R. Süring hat sich über dieselben, besonders auf Grund der Beobachtungen während des internationalen Wolkenjahres 1896—1897, und der Ergebnisse der wissenschaftlichen Ballonfahrten des nähern verbreitet.[1])

Zunächst betrachtet er die Kondensationsschichten. Dr. Vettin hat zuerst auf das Vorhandensein von Zonen maximaler Wolkenhäufigkeit hingewiesen [2]) und Zahlenangaben für deren Höhe gegeben. Süring giebt nunmehr auf Grund der internationalen Wolkenbeobachtungen genaue Daten in Gestalt folgender Tabelle für sieben Stationen.

Stationen	Bossekop	Pavlovsk	Upsala	Potsdam
Geographische Breite .	70°	$59^3/_4$°	$59^3/_4$°	$52^1/_2$°
Zahl der Beobachtungen	335	229	1699	1765
Höhenschicht 1 . . .	1200—1600	1600—2000	1600—2000	1200—1600
» 2 . . .	4000—4400	4400—4800	4000—4400	4000—4400
» 3 . . .	6400—6800	6000—6400	(7200—7600)	6400—6800
» 4 . . .	7800—8200	8000—8400	8000—8400	8400—8800
» 5 . . .	9200—9600	—	10000—10400	9600—10000
» 6 . . .	—	—	—	—

Stationen	Blue Hill	Washington	Manila	Mittel
Geographische Breite .	$42^1/_4$°	$38^3/_4$°	$14^1/_2$°	—
Zahl der Beobachtungen	993	3978	867	—
Höhenschicht 1 . . .	1200—1600	2000—2400	1600—2000	1700
» 2 . . .	4400—4800	4000—4400	3600—4000	4300
» 3 . . .	6800—7200	6000—6400	6000—6400	(7200-7600) 6500
» 4 . . .	8000—8400	8200—8600	8400—8800	8300
» 5 . . .	10000—10400	9600—10000	10000—10400	9900
» 6 . . .	—	12800—13200	12000—12400	—

»Nach oben zeigen diese Zahlen zunächst ein rasches Ansteigen der Wolkenhäufigkeit bis zu ca. 1700 *m*. Doch ist wegen der grossen vertikalen Mächtigkeit der niedrigen Wolken dies nicht als obere Grenze derselben aufzufassen, die Unstetigkeitsfläche dieser Kondensationschicht liegt vielleicht etwas höher. Über 2000 *m* folgt eine sehr schnelle Abnahme der Wolkenhäufigkeit, eine Zone der Wolkenarmut, die bis 4000 *m* reicht. Das Wolkenmaximum bei 4000 *m* ist bei allen Stationen unverkennbar und dürfte auch theoretisch wie praktisch Beachtung verdienen. Hier ist auch der Lieblingsplatz von Wogenwolken. Über 4000 *m* folgt bis 8000 *m* wieder eine recht wolkenarme Schicht, die in wenig auffälliger, aber

[1]) Ill. aëronaut. Mitt. 1901. p. 97.
[2]) Zeitschr. f. Meteorologie 17. 1882. p. 367. Meteorol. Zeitschr. 1890. 7. p. 93.

doch sicher erkennbarer Weise bei etwa 6500 *m* unterbrochen wird. Sehr ausgesprochen, wenn auch weniger durch eine bei allen Stationen gleiche Höhenlage, als durch ein allgemeines Ansteigen der Häufigkeitszahlen, ist die Wolkenschicht bei etwas über 8000 *m* und dann wieder bei nahe an 10 000 *m*. Diese Zweiteilung der Cirrusschicht ist bei näherer Prüfung des Materiales, z. B. bei Gruppierung nach Jahreszeiten, zweifellos.

Von den einzelnen meteorologischen Elementen lehrt am meisten die vertikale Verteilung der spezifischen Feuchtigkeit, d. h. die Wasserdampfmenge in einem Kilogramm Luft, weil ihre Veränderungen direkt einen Massstab für die Beimischungen fremder Luftmengen geben. Drückt man die Werte der spezifischen Feuchtigkeit von 500 zu 500 *m* Höhe in Prozenten des Anfangswertes aus, so findet Süring aus 58 Ballonfahrten als mittlere Abnahme für je 500 *m*:

0—500	500—1000	1000—15000	1500—2000
9.1*	13.4	15.9	9.1
2000—2500	2500—3000	3000—3500	3500—4000
7.1*	7.4	5.9	3.4
4000—4500	4500—5000	5000—5500	5500—6000
1.9*	6.7	6.2	2.5
	6000=6500	6500—7000	
	1.6*	4.6 %	

»Wo diese Zahlen klein sind, nimmt also die Feuchtigkeit langsam ab, d. h. wir haben hier relativ feuchte Schichten. Als obere Grenzen derselben ergeben sich die Höhen: 500, 2500, 4500 und 6500 *m*. Die Minima bei 500 und 2500 *m* treten im Mittel nur schwach hervor, weil der Einfluss der Jahreszeiten sehr bedeutend ist; um so besser ausgeprägt sind die Störungszonen bei 4500 und 6500 *m*. In noch grössern Höhen sind die Bestimmungen der Feuchtigkeit mit dem Psychrometer zu ungenau, um daraus Schlüsse ziehen zu können.

Nicht so deutlich wie die Feuchtigkeit, aber doch auch sprungweise, ändert sich die Temperatur mit der Höhe, selbst im Mittel zahlreicher Fahrten. Durch die Berliner Fahrten ist nachgewiesen, dass die vertikale Temperaturabnahme eine raschere wird, je höher man steigt. Bildet man[1]) die Differenzen der Temperatur für je 500 *m* Höhe, so zeigt sich, dass sie bis 2000 *m* konstant sind, nämlich 0°.50 für 100 *m* Steigung. Zwischen 2000 und 2500 *m* wächst diese Differenz plötzlich auf 0°.54 und bleibt so bis zu 4000 *m*, erfährt dann wieder eine plötzliche Zunahme auf 0°.64, die nun allerdings allmählich den Betrag von 0°.72 bei 8000 *m* erreicht. Hier tritt wieder ein plötzlicher Sprung bis zu 0°.80 auf 100 *m* ein; wir haben also Zonen bei 2000, 4000 und 8000 *m*. Die vertikalen Änderungen von Windrichtung und Windstärke eignen

[1]) Wissensch. Luftfahrten 3. p. 301.

sich noch weniger zu Mittelbildungen, da Hochdruckgebiete und Tiefdruckgebiete sich so ganz verschieden verhalten. Nach Bersons Untersuchungen sind gerade bei anticyklonalen Zuständen diese ruckweisen Änderungen bald nach dem Verlassen der Erde und an der obern Wolkengrenze sehr charakteristisch. Zahlenmässig ausgedrückt als mittlere Winddrehungen in 500 *m*-Schichten zeigen sich auch hier sprungweise Änderungen am stärksten und häufigsten zwischen 500 und 1000 *m* und zwischen 1500 und 2000 *m* ausgeprägt. Über 3000 *m* sind der wenigen Beobachtungen wegen nur Gruppenbildungen von je 1000 *m* Mächtigkeit möglich, und dabei verwischen sich die Unstetigkeiten. Alle meteorologischen Elemente zusammengefasst, findet man also als mittlere Höhen der Schichtbildungen: 500, 2000, 4309, 6500, 8300 und 9900 *m*.«

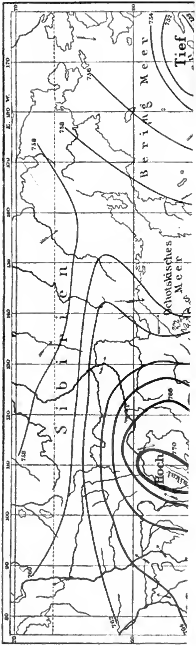
17. Niederschläge.

Staubregen in Mitteleuropa. In der Zeit vom 10.—30. März ist in einem grossen Teile von Zentraleuropa, von Italien bis nach Skandinavien, das Niederfallen von gelblich- oder rötlichgrauem, feinem Staube meist als Begleitung von Regen oder Schnee beobachtet worden. Die früheste Wahrnehmung dieser Art wurde in Sicilien, darauf im mittlern und nördlichen Italien gemacht. In Palermo sahen die Einwohner am Morgen des 10. Februar bei nebligem Wetter ein gelblichrotes Dämmerlicht und rötliche Strahlen. Dann setzte Regen ein, und mit diesem kam ein feiner, ziegelfarbiger Staub aus der Luft herab. Das aufregende Phänomen verursachte grossen Schrecken bei der Bevölkerung, die den Beginn des Weltunterganges glaubte. Überall sah man Gruppen von ängstlichen Menschen, die nach einer Erklärung der ungewohnten Erscheinung forschten. Gegen 10 Uhr klärte sich der Himmel schwach auf; gegen 12 Uhr verdunkelte er sich wieder, und der Staubfall trat aufs neue ein. Aus Livorno berichtet uns Herr E. Neu: »Um 11 Uhr abends ging ein leichter Regen nieder, der wie in Süditalien gefärbt war und auf Hüten und Kleidern von jedem Tropfen eine Spur hinterliess. Am nächsten Morgen war eine dünne Schicht des rätselhaften Staubes auf allen hellen Gegenständen zu sehen, die dem Regen ausgesetzt gewesen waren. Besonders deutlich zeigte sich der Niederschlag auf den Grabsteinen, Kirchentreppen, Denkmälern u. s. w. Die von mir auf einem Marmortische des Gartens gesammelte und gewogene Staubmenge ergab $4^1/_2$ *g* auf den Quadratmeter Bodenfläche. Nimmt man hiernach, entsprechend der geographischen Breite Livornos, als Durchschnittszahl für Italien 5 *g* auf den Quadratmeter an, so ergiebt sich, dass an jenem Tage allein im Königreiche Italien die ungeheuere Menge von etwa $1^1/_2$ Millionen Tons dieses Staubes niedergefallen ist. Der Staub, von dem ich eine Probe, etwa $2^1/_2$ *g*,

beifüge, sieht wie pulverisierter blasser Ziegel aus.« Im österreichischen Alpengebiete, besonders in Kärnten, dann auch auf dem Nordabhange der Alpen trat der Staubfall zugleich mit Schnee am 11. März ein, ebenso in Bamberg. Zu Hamburg fiel der Staub in der folgenden Nacht gleichzeitig mit Schnee. Die übersandte Probe lässt diesen Staub als ockergelbes, überaus feines zusammenbackendes Pulver erkennen, in welchem Quarzkörnchen durchaus nicht zu erkennen sind. Versucht man, die Ausbreitung des Staubfalles, der nach Norden hin an Intensität erheblich abnahm, mit den Witterungsverhältnissen in Beziehung zu bringen, so findet sich, dass am 10. März morgens das Zentrum einer Depression südwestlich von der Insel Sardinien lag, und demzufolge auf der Insel Sicilien südliche bis südöstliche Winde herrschen mussten. In Neapel war der Wind SSO. Am 11. März hatte sich die Depression nach Norden verschoben, und eine zweite bildete sich nördlich von ihr, über Bayern, am 12. März lag sie über Norddeutschland und entschwand darauf in der Richtung auf die russischen Ostseeprovinzen. Es fand also in den Tagen vom 10. bis einschliesslich 12. März in den obersten Luftregionen eine von Italien gegen Dänemark hin gerichtete allgemeine Strömung statt, der auch jene Depressionen folgten. Die südlichste derselben kam wahrscheinlich von der ostafrikanischen Küste, und der mitgeführte Staub ist Wüstenstaub aus der Sahara, der innerhalb der Depression mit der aufsteigenden Luft in die Höhe geführt wurde. Die feinsten, pulverförmigen Teilchen desselben wurden in die oberste Luftströmung geführt und von dieser nordwärts getragen. Wir haben hier in kleinern Verhältnissen ein Analogon zu den Erscheinungen nach dem Ausbruche des Krakatau, durch den vulkanische Asche bis in Cirrusregion geschleudert wurde, welche die wunderbaren Morgen- und Abendröten im Jahre 1883 verursachte. Übrigens ist die Erscheinung des roten Staubes gar nicht so selten. In einem gewissen Gebiete des Atlantischen Ozeans an der Westküste Nordafrikas kommt sie so häufig vor, dass diese Region den Namen »das Dunkelmeer« erhalten hat.

Mikrophotographien von Schneekrystallen. Seit 1884 hat W. A. Bentley in Nasville mikrophotographische Aufnahmen von Schneekrystallen gemacht und veröffentlicht jetzt[1]) eine Anzahl charakteristischer und seltener Formen. Einige derselben sind auf Tafel IV reproduziert. Fig. 1 ist sehr ungewöhnlich und selten, ebenso No. 2; No. 3 wurde gelegentlich des Blizzards vom 12. März 1888 gefunden, No. 4 bezeichnet »Bentley« als prächtiges Beispiel von Schneearchitektur und No. 5 als höchst seltsames und ungewöhnliches Vorkommen. No. 6 ist eine nicht selten vorkommende Form.

[1]) Monthly Weather Review 1901. p. 212.



Ed. Hch. Mayer, Verlag.
Leipzig.

Isobaren O

18. Winde und Stürme.

Die Luftbewegungen zu Simla und im westlichen Himalaya. Zu Simla, das in 2150 *m* Seehöhe auf den Rücken des südlichen Ausläufers der Zentralkette des Himalaya gelegen ist, war vom September 1893 bis August 1896 bei guter Aufstellung ununterbrochen ein Anemograph thätig, dessen Aufzeichnungen J. Eliot untersucht hat[1]) und seine Untersuchung gleichzeitig auf den allgemeinen Charakter der Luftströmungen im Gebiete des westlichen Himalaya und auf die Luftbewegungen zwischen diesem und dem angrenzenden Teile der Ebene Oberindiens ausdehnt.

Im jährlichen Gange der mittlern Windgeschwindigkeit ergieht sich deutlich ein Unterschied in der Ebene und im Gebirge: hier wohlausgeprägte Maxima, dort nur eins, das zeitlich fast zusammenfällt mit dem Hauptminimum zu Simla, während im Gebirge das sekundäre Maximum eintritt, wenn in der Ebene die geringste Luftbewegung herrscht. Bemerkenswert ist das nur sehr schwache Anwachsen der Windstärke im Gebirge von der kalten zur warmen Jahreszeit und ihr starker Rückgang mit Eintritt der Regenzeit.

»Die genauere Untersuchung der täglichen und jährlichen Periode der Windrichtung und -stärke zu Simla und an mehrern Stationen Nordindiens lehrt, dass die mittlere Luftbewegung über dem westlichen Himalaya sich sehr wesentlich unterscheidet von derjenigen über der Ebene Nord- und Zentralindiens, und dass sie bedingt wird durch drei voneinander unabhängige und grundverschiedene Ursachen. Zunächst findet ein täglicher Austausch der Luft über dem Himalaya und derjenigen über dem angrenzenden Teile der Ebene Oberindiens statt. Während des Tages heben sich über der Ebene mit steigender Temperatur die Flächen gleichen Druckes, und es wird hierdurch in den untern Schichten eine Luftbewegung von der Ebene nach dem Gebirge hin hervorgerufen. In den grössten Höhen herrscht gleichzeitig eine entgegengesetzte Luftströmung. Während der Nachtstunden senken sich mit zunehmender Abkühlung wieder die Druckflächen über der Ebene, und es entsteht dadurch das gerade entgegengesetzte Windsystem wie am Tage, nämlich in den untern Schichten nördliche und in den höhern südliche Winde. Dieses wechselvolle Spiel der Luftbewegungen bildet sich namentlich an Tagen mit heiterem, ruhigem und warmem Wetter sehr scharf aus. Ein analoges System von Luftströmungen entsteht aus den gleichen Gründen gleichzeitig am Nordabhange des Himalaya über Tibet, nur sind hier die Windrichtungen entgegengesetzt wie auf der Südseite, nämlich in den untern Schichten tagsüber nördlich und nachts südlich. Es steigt somit tagsüber sowohl am Nord- wie am Südabhange des Himalaya ein Luftstrom aufwärts; auf dem Kamme des Gebirges werden diese beiden Ströme aufeinander treffen, wobei ausgedehnte Mischungen stattfinden müssen. In grössern Höhen teilen sie sich wieder in zwei Arme, in einen südwärts und einen nordwärts ziehenden. Hierhei wird Luft, die am Südabhange des Himalaya aufgestiegen ist, in die obere Luftströmung über Tibet hinübergeleitet, und ebenso wird der nach S abziehende Arm Luft enthalten, die am Nordabhange des Himalaya emporgestiegen ist. In solcher Weise gelangt also auch an klaren Tagen Luft, welche über Tibet sich befand, nach südlichen Breiten.

[1]) Indian Meteorological Memoirs. Kalkutta 1899. 6. V. Auszug von A. Coym in Meteorol. Zeitschr. 1901 p. 284, woraus oben der Text.

Ein analoger Luftaustausch, bei dem nur alle Winde entgegengesetzte Richtungen haben, findet während der Nachtstunden statt.

Über dieses durch rein thermische Ursachen hervorgerufene und eine ausgesprochene tägliche Periode aufweisende Windsystem lagern sich nun noch diejenigen Luftströmungen, die nach den in Oberindien jahreszeitlich auftretenden Tiefdruckgebieten gerichtet sind, und deren Intensität und Dauer bedingt wird durch die angenblickliche Lage und Tiefe jener jahreszeitlichen Depressionen. Schliesslich wirken bestimmend für die mittlere Windrichtung und -geschwindigkeit noch unregelmässig auftretende Witterungsvorgänge ein; hierzu gehören die Kaltwetterregen, die Stürme der heissen Jahreszeit (Hagel-, Gewitter-, Staubstürme) und die in der Regenzeit vom Golfe von Bengalen das Gangesthal hinaufziehenden Depressionen.

Da nun der Einfluss dieser drei verschiedenen Ursachen in allen Jahreszeiten nicht in gleicher Grösse auftritt, sondern in sehr ungleichmässiger, so weisen die einzelnen Teile des Jahres sehr voneinander abweichende Windverhältnisse auf.

Die Jahreszeit des sich zurückziehenden SW-Monsuns (Oktober-Dezember): Während dieser ganzen Periode ist das westliche Himalayagebiet frei von atmosphärischen Störnngen, und es herrscht deshalb schönes, ruhiges Wetter mit klarem Himmel und schwachen Winden oft mehrere Wochen lang ohne Unterbrechnng. Am prägnantesten treten die dieser Jahreszeit eigentümlichen Windsysteme im November auf, während Oktober und Dezember schon Übergangsmonate sind. Die tägliche Drehung des Windes ist in diesem Teile des Jahres scharf ausgeprägt. In den Tagesstunden herrschen südliche und in der Nacht nördliche Winde; der Übergang von der Süd- in die Nordrichtung ist aber kein allmählicher, sondern ein plötzlicher, indem zu den Zeiten des Windumsprunges morgens und abends (10^a und 6^p) meist Windstille herrscht. Der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit weist eine doppelte Oscillation auf: ein Maximum bald nach Mittag und eins in der Nacht, die durch zwei Minima zur Zeit des Windumsprunges getrennt sind. Alle diese Angaben zeigen deutlich, dass die Luftströmungen im westlichen Himalaya in diesen Monaten wesentlich durch die erste der oben genannten Ursachen bedingt werden; die Einflüsse der beiden andern treten dagegen ganz zurück.

Da die tägliche Amplitude der Temperatur in dieser Jahreszeit nicht sehr gross ist, so können die Winde gegen das Gebirge am Tage und die vom Gebirge weg in der Nacht keine sehr beträchtliche Stärke erreichen, und deshalb muss die mittlere monatliche Windgeschwindigkeit in dieser Jahreszeit sehr gering sein.

Auffällig ist, dass das nächtliche Maximum der Windgeschwindigkeit im November in zwei zerfällt, in eins vor und eins nach Mitternacht, die durch ein Minimum um Mitternacht getrennt sind. Für die Erklärung dieser Eigentümlichkeit, die auch noch in mehrern andern Monaten auftritt, weiss der Verfasser keine Gründe anzugeben.

Die kalte Jahreszeit (Januar und Februar): Eine genaue Untersuchung zeigt, dass die mittlern Windverhältnisse hauptsächlich bestimmt werden durch die Kombination von Winden von zwei verschiedenen Klassen: die einen, südliche Winde mit grösserer oder geringerer östlicher oder westlicher Komponente, herrschen vor an Tagen mit unruhiger Witterung, welche durch westliche Depressionen hervorgerufen wird, die andern, herrührend von den abwechselnden Luftbewegungen zwischen dem Gebirge und der angrenzenden Ebene, sind besonders stark ausgeprägt in Perioden mit anhaltendem schönen Wetter und haben denselben Charakter wie die gleichen Luftströmungen in der vorhergehenden Jahreszeit. Da nun die Tage mit unruhiger Witterung in diesen Monaten diejenigen mit ruhigem Wetter der Zahl nach bei weitem übertreffen, so müssen die mittlern

Windverhältnisse in diesen Monaten sich mehr denjenigen nähern, wie sie an Tagen mit stürmischem Wetter auftreten, d. h. im Mittel werden fast zu allen Tagesstunden südliche Winde wehen. Im Februar herrschen aber schon, da in ihm die Zahl der Tage mit unruhiger Witterung nicht so gross ist wie im Januar, fast während der meisten Nachtstunden nördliche Winde vor.

Die Windgeschwindigkeit weist ein Maximum am Mittage und je ein Minimum am Morgen und Abende, sowie noch mehrere sekundäre Maxima und Minima während der Nacht auf. Die Luftbewegung ist zu dieser Jahreszeit ziemlich lebhaft. Besonders starke Winde von meist südlicher Richtung herrschen im Himalaya zur Zeit der Kaltwetterstürme Nordindiens und wehen meist in kurzen, heftigen Stössen.

Die heisse Jahreszeit (März—Juni): Die charakteristischen Züge der in dieser Jahreszeit herrschenden Windsysteme zeigen sich am markantesten im April und Mai. Die mittlern Luftbewegungen zu Simla bestehen fast vollständig aus den abwechselnden Luftströmungen zwischen dem Gebirge und der Ebene: südwestliche Winde am Tage, nordöstliche in der Nacht. Die Maxima der Geschwindigkeit fallen auf die heisseste Tageszeit und auf Mitternacht; das Umspringen des Windes findet um 9^a und um 8^p statt, um welche Zeit Windstille herrscht. Entsprechend der starken täglichen Amplitude der Temperatur ist diejenige der Windgeschwindigkeit auch sehr gross, und wehen die Winde mittags und um Mitternacht sehr lebhaft; diese Jahreszeit weist deshalb die grösste mittlere monatliche Windgeschwindigkeit auf.

Vorübergehend wird dieses regelmässige Windsystem manchmal gestört durch das Auftreten der Heisswetterstürme. Da diese aber nur sehr kurze Zeit dauern, und dann meist auch nur schwache Winde wehen, so können sie auf die mittlere Stärke und Richtung der Luftbewegung in dieser Jahreszeit keinen wesentlichen Einfluss ausüben. Bemerkenswerter sind dagegen die im Mai und Juni zur Zeit der grössten Hitze auftretenden und länger anhaltenden starken nördlichen Winde. Sie erscheinen gewöhnlich mit mässig tiefen über Obersüd- oder Südwestpandschab lagernden Depressionen und wehen so häufig, dass im Mai zu allen Tagesstunden im Mittel öfter nördliche als südliche Winde beobachtet werden. Zugleich bewirken sie im Vereine mit dem oben erwähnten Windsysteme im Mai ein starkes Anwachsen des mitternächtlichen Maximums der Windstärke.

Die Regenzeit (Juni — September): In diesem Teile des Jahres wehen im Mittel zu allen Tagesstunden über das Gebiet des westlichen Himalaya nördliche Winde; der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit ist ein sehr unregelmässiger, ohne stark ausgeprägte Maxima und Minima. Eine Diskussion der Aufzeichnungen der einzelnen Tage zeigt, dass die mittlere Windrichtung in diesen Monaten resultiert aus einer täglich abwechselnden Luftbewegung zwischen Gebirge und Ebene, die sich rein, wenn auch nur schwach, zur Zeit der Unterbrechungen in dem Auftreten der Monsunwinde ausbildet, und aus einer mässigen, nach dem Tiefdruckgebiete Oberindiens gerichteten Luftströmung, deren Richtung sich aber von Tag zu Tag rasch mit der Tiefe und Lage jener jahreszeitlichen Depression ändert. Die Kombination dieser beiden Windsysteme giebt mässig starke nördliche Winde während der Nachtstunden und schwache bis mässige nördliche Winde während der Tagesstunden, wenn, wie es gewöhnlich der Fall ist, die nach jenem Tiefdruckgebiete gerichteten Luftströmungen stärker sind als die aus dem wechselnden Luftaustausche zwischen Gebirge und Ebene am Tage resultierenden südlichen Winde. Über diese Strömungen lagern sich nun noch die Monsunwinde, die, falls sie von der Bay von Bengalen kommen, in Oberindien eine südöstliche, falls sie von dem Arabischen Meere stammen, eine westsüdwestliche Richtung

besitzen. Da aber beide Zweige des Monsuns ziemlich gleich oft ihren Wirkungsbereich bis nach Oberindien ausdehnen, so heben sich diese beiden östlichen und westlichen Komponenten im Mittel auf, und die resultierende schwache südliche Komponente wird die durch die beiden oben erwähnten Windsysteme hervorgerufene mittlere nördliche Strömung nur in ihrer Stärke etwas vermindern.‹

Die Windbewegungen und Luftdruckverhältnisse im fernen Osten behandelt P. Bergholz [1]) auf Grund einer vom Direktor des Zikawei-Observatoriums im 7. Jahresberichte der Shanghai Meteorological Society veröffentlichten Abhandlung. Es werden die Luftdruckverhältnisse und die Windbewegungen im grössten Teile von Sibirien, dem nordöstlichen Indien, China, Japan und einem grossen Teile des westlichen Stillen Ozeans behandelt, gegründet auf die Luftdruckmittel von 1886—1895. Ein Atlas von sechs Karten erläutert die Abhandlung, und diesem ist Tafel V, welche die Isobaren für den Monat Oktober enthält, entnommen. Den Störungen der normalen Windbewegung giebt Verfasser die Bezeichnung Land- oder Winterstürme, und P. Bergholz teilt darüber aus obiger Abhandlung folgendes mit.

Es lassen sich drei Arten unterscheiden:

1. Die erste Art von ihnen stellt wohl ausgebildete Depressionen dar, bei denen sich wie bei allen besser ausgebildeten Cyklonen ein entweder kreisförmiges oder elliptisches Zentrum erkennen lässt. Um dieses Zentrum herum ist der Luftdruck gleichmässig verteilt, die Luftbewegung vollzieht sich in derselben Weise wie bei den Tropenorkanen in Spiralen. Diese Stürme, die man zu Zeiten mit denen, welche vorher an den englischen und norwegischen Küsten hausten, in Beziehung bringen möchte, ziehen bald im N, bald im Süden des Baikalsees vorüber und schlagen eine ostnordöstliche bis ostsüdöstliche Richtung ein. Ihr Auftreten lässt viele gerade so gut wie das der Tropenorkane prognostizieren. Haben sie die See erreicht, so gehen sie regelmässig, indem sie sich verstärken, in kräftige Cyklonen über. Auf dem Meere ist ihre Zugrichtung NO oder ONO, ihre Bahn ist gewöhnlich etwas gekrümmt, die konvexe Seite der Kurve ist nach S gekehrt. In vereinzelten Fällen lässt sich die Bahn über den Stillen Ozean hinweg bis an die Küsten Nordamerikas verfolgen, in den meisten Fällen fehlt aber hierzu das Beobachtungsmaterial. Die Geschwindigkeit der Fortbewegung scheint sich auf dem Meere nicht zu vergrössern.

2. Der zweiten Art der Winterstürme ist eine regelmässige Form durchaus nicht eigentümlich. Sie zeigt sich als eine langgestreckte Depression, die einen in einem engen Thale dahin führenden Wege oder aber dem Thale zwischen zwei benachbarten Wellen des Ozeans vergleichbar erscheint. Von einem Zentrum, von dem aus der Luftdruck nach allen Seiten hin gleichmässig zunimmt, ist ebenso wenig die Rede, wie von einer elliptischen Form des Körpers der Cyklone, vielmehr findet sich der niedrigste Luftdruck längs einer Linie, die Hunderte von Meilen lang sein kann. Diese Linie kann gerade sein, ist aber auch häufig mehr oder weniger unregelmässig gekrümmt. Vielfach tritt eine seichte Krümmung wie bei der Schneide einer Sense auf und als ihre Hauptrichtung SSW—NNO. Ein solches Gebilde rückt auf die See zu vor. Wegen der merkwürdigen Form der Linie niedrigsten Druckes kann es sich dann sehr wohl ereignen, dass ein Steigen des Barometers mit einem Umgehen des Windes an Orten be-

[1]) Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 241.

obachtet wird, die voneinander so weit entfernt liegen als Futschu und Tschifu oder Shanghai und Chemulpo. Möglich ist auch bei der gebogenen Form der Linie niedrigsten Druckcs, dass von ihr früher zwei Orte an der Küste als ein mehr landeinwärts liegender Ort getroffen werden.

Wenn auch das Fallen und Steigen des Barometers denselben Wert haben kann, so vollzieht es sich doch an beiden Seiten des Minimums nicht in gleicher Weise. Das Fallen des Barometers ist langsam, fast unmerklich, es ist dem Fallen des Wassers unter dem Einflusse der Ebbe vergleichbar, das Steigen aber vollzieht sich plötzlich und heftig, wie wenn das Wasser aus einem Schleusenthor stürzt, oder wie wenn sich eine mächtige ozeanische Welle an der Küste bricht. Der Fall ist von mässigen Winden begleitet, die sich immer mehr und mehr abschwächen und der Windstille nähern. Das Umlaufen des Windes geht langsam durch SO, S und SW vonstatten, dann tritt zuweilen Stille ein. Die Luft wird dick und feucht, und die Temperatur steigert sich oft bis zu 10° C. und darüber über den Mittelwert hinaus. Häufig liegt auch ein mehr oder weniger dicker Nebel über der Küste. Ist das Minimum des Luftdruckes erreicht, so frischt der Wind auf und geht in W oder WNW über, plötzlich fängt dann ein trockner, kalter, nordwestlicher Wind zu wehen an, der klaren Himmel und schönes Wetter bringt, der aber auch noch zwei bis drei Tage tüchtig wehen kann. Das Steigen des Barometers und die Stärke des Windes hängen von der Höhe des sibirischen Maximums und von der Geschwindigkeit ab, mit der es sich in das Depressionsthal hinein bewegt.

Hat die Depression die See erreicht, so löst sie sich in Bruchstücke auf, die sich ausfüllen, oder die sich in kleine Wirbelzentren verwandeln. Solche Zentren können dann die Lutschuinseln oder den S von Japan erreichen, sie können aber auch den Weg über Korea und das japanische Meer nach den Kurilen einschlagen.

3. Noch eine dritte Art von Winterstürmen, die aber wesentlich von den beiden andern abweicht, bleibt übrig. Während sich die Tropenorkane vom offnen Meere auf die Küsten zu bewegen, bewegen sich die bisher betrachteten beiden Arten von Winterstürmen vom Festlande auf die See zu. Die dritte Art ist gemischten Ursprunges, sie verdanken ihre Entstehung zwei Zentren, von denen sich das eine vom Meere auf die Küste zu bewegt, während das andere vom Kontinente auf das Meer zu vorschreitet. In der kalten Jahreszeit bilden die Küsten Ostasiens, besonders aber der Teil, der zwischen den Mündungen des Yangtze und des Amur liegt, eine atmosphärische Abdachung. Hier sind die Linien gleichen Druckes der Küste und untereinander gleich gerichtet und dazu einander sehr nahe gerückt. Der Grund liegt in den beiden Aktionszentren, von denen das eine, als mächtigstes Hochdruckgebiet der Erde, mit seinem Kerne über dem Baikalsee liegt, während das andere, als langgestrecktes Gebiet niedern Druckes, die das Behringsmeer nach S abschliessende Inselwelt überlagert. Bei dieser Lage muss sich die Luft vom Baikalsee aus nach dem fast in gleicher Breite liegenden Depressionsgebiete in Bewegung setzen. An der Küste entstehen nordwestliche Winde, deren Einfluss sich bis in die Breite von Shanghai hin fühlbar macht. Nun kann im Hochdruckgebiete eine weitere Erhöhung des Luftdruckes und im Niederdruckgebiete eine weitere Vertiefung des Druckes eintreten, und ferner kann eine Bewegung des einen Gebietes auf das andere zu oder eine Bewegung beider Gebiete gegeneinander vor sich gehen. Solche Erscheinungen kommen alljährlich wiederholt vor, sie führen zu einer ausserordentlichen Zunahme der Windstärke, ja zur Bildung von Stürmen. Auf diese Weise entstand im Dezember 1898 ein Orkan, der zu den heftigsten Winterstürmen zählt, die je beobachtet wurden. Ein Minimum von 744 *mm* war bis nach Tokio vorgerückt, das kontinentale Maximum aber, das eine Höhe von 793 *mm* erreicht hatte, hatte sich gleichzeitig ostwärts bewegt.

Es ist sehr wohl denkbar, dass zwischen diesen drei Arten von Winterstürmen Übergangsformen existieren.

Die Winterstürme lassen sich in vier Gruppen bringen: 1. solche, deren Zentren südlich der Yangtzemündung das Meer erreichen, 2. solche, welche zwischen der Yangtzemündung und dem N des Golfes von Petschili das Meer erreichen, 3. solche, die im Japanischen Meere die See erreichen und 4. in die langen Depressionen, die an weit voneinander gelegenen Orten gleichzeitig auftreten.

In den sechs Jahren 1893—1898 wurden, abgesehen von Taifunen, 146 Depressionen beobachtet, von ihnen fallen auf den Oktober 13, November 23, Dezember 26, Januar 23, Februar 27, März 34, oder im Jahre auf den Oktober 2, November, Dezember und Januar je 4, Februar 4—5, März 6. Wenn im März auch die Zahl am grössten ist, so ist doch die Stärke der Stürme bei weitem nicht die grösste.

Südlich von Shanghai tritt demnach im Oktober höchst selten eine Depression auf, während dies mitten im Winter recht oft der Fall ist. Zwischen Shanghai und Tientsin im Golfe von Petschili kommen die Stürme in der ganzen kalten Jahreszeit verhältnismässig häufig vor, am meisten jedoch im März. Für das Japanische Meer liegen die Maxima der Häufigkeit im November und März.

Die mittlere Richtung des Zuges ist ONO, südlich des 38. Breitengrades ist eine Neigung nach NO, nördlich davon aber nach O abzubiegen vorhanden. Diese Angaben über die mittlern Richtungen der Zugstrassen beziehen sich auf die Gegenden zwischen den chinesischen Küsten und dem 140.° O. L., darüber hinaus fehlen die Beobachtungen. Es mag noch hinzugefügt werden, dass die Zentren oftmals, wenn sie die Nähe von Tokio erreicht haben, nach NO und selbst nach NNO abbiegen und der Küste von Nippon parallel auf Yezo zu laufen.

Auch für die einzelnen kalten Monate sind für die Gruppen 1 und 2, südlich und nördlich von Shanghai, die mittlern Zugrichtungen bestimmt worden.

Die Mittelrichtung bleibt auch hier ONO, im November neigt die Richtung mehr NO zu. Im allgemeinen ist es dieselbe Richtung, die schon P. Chevalier in seiner Schrift 1894 über die Winterstürme[1]) angab, Erwähnenswert ist noch, dass die mittlere Zugrichtung dieser Cyklonen mit der Mittelrichtung der Bewegung der höhern Luftschichten, der Cirruswolken, die F. Mac Dechevrens[2]) im Jahre 1885 veröffentlichte, nahezu übereinstimmt.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Zentren bewegen, sagt P. Chevalier, wechselt in den verschiedenen Cyklonen sehr, sie schwankt zwischen 0 und 80 engl. Meilen p. h. Die gewöhnlich auftretende Geschwindigkeit beträgt 30 Meilen in der Stunde. Selbst in ein und derselben Cyklone ändert sich die Geschwindigkeit derart, dass sie von der weniger Meilen auf 30 und 40 Meilen ansteigen kann. Die Geschwindigkeit 0 entspricht in der Regel nur zwei Perioden, nämlich der der Bildung und der der Auflösung der Cyklonen. In den uns vorliegenden Fällen betrug die Geschwindigkeit nie mehr als 60 Meilen p. h., die mittlere Geschwindigkeit stimmt mit der von P. Chevalier angegebenen überein. Sie betrug in den Cyklonen südlich von Shanghai 32.3 Meilen, in denen zwischen Shanghai und Tientsin 28.7 Meilen, in denen nördlich von Tientsin 32.8 Meilen und in den langgestreckten Depressionen 33.4 Meilen, als Mittelwert ergeben sich 31.8 Meilen.

---

[1]) Shanghai Meteorological Society. Third annual report p. 14.

[2]) F. M. Dechevrens, Mouvements des couches élevées de l'atmosphère à Zikawei.

19. Elektrische Erscheinungen.

Die Existenz freier elektrischer Ionen in der Atmosphäre ist von J. Elster und H. Geitel nachgewiesen worden.[1]) Dieser Nachweis, dass die Atmosphäre stets eine gewisse Anzahl kleinster, elektrisch geladener Teilchen (Ionen) enthält, welche mit keinen bekannten materiellen Partikelchen in der Luft identisch sein können, lässt uns die Atmosphäre in einem Zustande erscheinen, als sei sie von Röntgenstrahlen und den Strahlen radioaktiver Substanzen, wie Uran und Thor, durchsetzt. Elster und Geitel zeigten, dass die Elektrizitätszerstreuung eines isolierten geladenen Konduktors nicht, wie man bis dahin glaubte, lediglich der Unvollkommenheit des Isolators zuzuschreiben ist, sondern dass man annehmen muss, es finde entweder ein Austreten der Elektrizität in die Atmosphäre statt oder ein Einströmen entgegengesetzter, also neutralisierender Elektrizität aus der Luft in den Konduktor. Der Ladungsverlust ist auf keinen Fall durch den Wasserdampf der Atmosphäre und ebensowenig durch Rauch- oder Staubteilchen derselben zu erklären, wie Elster und Geitel durch spezielle Versuche zeigten. Dagegen weisen sie nach, dass die Elektrizitätszerstreuung oder Entladung dadurch erfolgt, dass in der Luft elektrisch geladene Teilchen stets vorhanden sind, welche, durch die Ladung des Körpers angezogen, auf ihn zuwandern und ihre Ladungen gegenseitig neutralisieren. Bezüglich der Herkunft der Ionen haben die Untersuchungen von Professor Lenard (Kiel) erwiesen, dass in Luft, welche von ultravioletten Lichtstrahlen durchsetzt wird, freie Ionen auftreten, von denen die negativ geladenen eine viel grössere Geschwindigkeit besitzen als die positiven, jene sind in der Grösse eines körperlichen Atoms anzunehmen, diese dagegen erscheinen an grössere Verbindungen geknüpft. Die ultravioletten Lichtstrahlen der Sonne werden schon in den höchsten Luftschichten stark absorbiert, und man darf schliessen, dass auf Kosten ihrer Energie die Sonderung der Ionen eintritt. Die negativen, welche grössere Geschwindigkeit besitzen, bewegen sich fort und verursachen die negative elektrische Ladung des Erdkörpers, dieser zieht seinerseits die positiven Ionen an und neutralisiert sich zum Teil mit ihnen. Die fortwährende Regenerierung der Ladung erfolgt durch denjenigen Teil der Sonnenenergie, welcher der Erde in Gestalt von ultravioletten Lichtstrahlen zu teil wird. Gleichwie die mechanische Zirkulation in den untersten Schichten des Luftmeeres durch die Wärmestrahlung, so wird eine elektrische Zirkulation durch die ultraviolette Lichtstrahlung in den höchsten Schichten eingeleitet und unterhalten.

---

[1]) Terrestrial Magnetism and atmospheric electricity **4.** p. 213. Annalen der Physik 1900. **2.** p. 425. Physik. Zeitschrift 1900. **2.** p. 113.

Unter Annahme der Lenardschen Hypothese, wonach der Ursprung der Ionen in den höchsten Schichten der Atmosphäre zu suchen ist, muss mit der Höhe eine Zunahme der Entladungsgeschwindigkeit eintreten, und diese ist durch Beobachtungen im Gebirge nachgewiesen worden. J. Elster hat gefunden, dass auf Bergspitzen die Entladungsgeschwindigkeit für negative Ladungen erheblich grösser ist als für positive, während sie in den Ebenen fast völlig gleich waren. Auf dem Monte Salvatore bei Togar fand er in 909 *m* Höhe als maximale positive Entladungsgeschwindigkeiten 0.53, als maximale negative 2.17, das Verhältnis beider also = 4.1. In 1707 *m* Höhe war dasselbe (am Monte Genovefa) = 15.1, in 3220 *m* Höhe (am Piz Languard) = 16.9. Der Erdkörper wirkt hier auf den Luftraum als dauernd negativ-elektrisch geladen, und die Berge wirken wie Spitzen. Die negative Erdelektrizität ist auf ihm sehr dicht angehäuft und zieht aus der umgebenden Luft vorwiegend positiv elektrische Ionen zur Neutralisierung an, so dass also ein negativ geladener Zerstreuungskörper rascher entladen werden muss, als ein positiver. Um über die Änderung des elektrischen Leitungsvermögens der Luft mit zunehmender Höhe genauere Daten zu erhalten, unternahm Professor H. Ebert (München) zwei Freifahrten im Ballon, wobei die Beobachtungen an dem Zerstreuungsapparate von Elster und Geitel angestellt wurden, und welche im allgemeinen die theoretischen Schlussfolgerungen bestätigten.

Die grösste Stromstärke des Blitzes. Über die Stärke des Blitzes, ausgedrückt in den gebräuchlichen elektrischen Masseinheiten, hatte man bis jetzt so gut wie gar keine begründeten Angaben. Vor einigen Jahren hat nun F. Pockels auf ein Verfahren aufmerksam gemacht, aus der remanenten Magnetisierung von Basaltprismen, die sich in bekanntem Abstande von der Blitzbahn befunden haben, die maximale Stromstärke zu ermitteln, die bei der Entladung stattgefunden hatte. Zu diesem Zwecke hat er an den Blitzableitern von verschiedenen Aussichtstürmen und andern freistehenden Gebäuden Basaltprismen anbringen lassen. So auch an den Blitzableitern des Observatoriums auf dem Monte Cimone in den Apenninen, und dort sind zwei dieser Prismen durch Blitzschläge magnetisiert worden. Das eine war am 18. Juli 1900 ausgelegt, und nachdem ein Blitz in den Ableiter gefahren, am 24. wieder abgenommen worden. Die Untersuchung ergab, dass die maximale Stromstärke der Blitzentladung 10 000 Ampère betragen hatte. Das andere Prisma wurde durch vier starke Entladungen in der Nacht vom 26. zum 27. August magnetisiert und ergab eine Stromstärke von 5500 Ampère. Nun war die Leitung, an welcher die Prismen angebracht worden, eine der zwei Erdleitungen des getroffenen Blitzableiters, so dass die Stromstärke vermutlich nur die Hälfte der Blitzentladung darstellt. Letztere hätte also die Maximalstromstärke von 20 000 und 11 000 Ampère besessen.

Kugelblitze. Über die Art und Weise, wie Kugelblitze zustandekommen, ist noch wenig Zuverlässiges bekannt, wenngleich es an Hypothesen darüber nicht fehlt. Von den auf die verschiedenste Weise hergestellten elektrischen Entladungsformen ist keine mit den Kugelblitzen völlig identisch. Dagegen zeigt der Büschellichtbogen — eine noch wenig bekannte eigentümliche Entladungsart, bei welcher sich in freier Luft vom Atmosphärendrucke durch ausgedehnte lichtlose Räume getrennte Leuchtmassen auf der Entladungsbahn ausbilden — Analogien zu den Kugelblitzen. Prof. M. Toepler hat diese Ähnlichkeit nun weiter verfolgt[1]) und ist dabei zu interessanten Ergebnissen gelangt. Er hebt zunächst hervor, dass die Ähnlichkeit beider Erscheinungen besonders dann augenfällig ist, wenn man die Kugelblitze mit den Leuchterscheinungen vergleicht, welche bei Büschellichtbogen in etwas verdünnter Luft (von etwa 5 *cm* Quecksilberdruck) zu beobachten sind, worauf zuerst A. Righi aufmerksam gemacht.

Überträgt man, unter Beachtung der geänderten Grössenverhältnisse und mit Berücksichtigung des Beobachtungsmateriales über Kugelblitze, die am Büschellichtbogen festgestellten Gesetze, Beziehungen und Eigentümlichkeiten auf die Kugelblitzentladung, so lässt sich letztere in zum Teil in das Wesen des Entladungsmechanismus eindringender Weise zusammenfassend schildern. Dies ist von Toepler in nachfolgender Weise durchgeführt worden, wobei er im Originale sich stets auf die einzelnen Quellenangaben bezieht.

›Beginn des Entladungsprozesses bei Kugelblitzen. Der gesamte Entladungsvorgang wird (von seltenen Ausnahmen vielleicht abgesehen) eingeleitet durch einen gewöhnlichen (sogenannten Linien- oder Zickzack-) Blitz. Dies gilt sowohl für Entladung zwischen zwei Wolken, als auch zwischen Wolke und Erde. In diesem Initialblitze gleichen sich diejenigen Elektrizitätsmengen aus, welche in ihn an seinen Endpunkten in kürzester Zeit einströmen können. Von der Menge dieser unmittelbar verfügbaren Elektrizität hängt die Intensität des Initialfunkens ab; sie ist wohl in der Regel nicht unerheblich, doch sind auch Kugelblitze beobachtet worden, bei denen der Initialfunken wahrscheinlich nur sehr schwach war.

Die Bahn des Initialblitzes verbleibt für kurze Zeit in einem derartigen Zustande, dass in ihr Elektrizität leichter bewegt werden kann, als im umgebenden Luftraume; der Blitz hinterlässt einen Entladungskanal. Wird bald nach der Blitzentladung neue Elektrizität in den beiderseitigen Ursprungsgebieten des Blitzes frei, oder erfolgt aus fernerliegenden Wolkenteilen ein nachträgliches Zuströmen von Elektrizität, so kann der Entladungskanal von einer Reihe von Nachentladungen in Form wie der von gewöhnlichen Blitzen benutzt werden. Es ist jedoch auch möglich, dass im Entladungskanale ein nahe kontinuierliches Fliessen von Elektrizität eintritt. Ohne geeignete Beobachtungshilfsmittel bemerkt man das Nachfliessen natürlich nur in den seltenen Fällen, in denen der Initialblitz schwach, das Nachfliessen stark und langdauernd erfolgt, oder wenn der Entladungskanal (vielleicht vom Winde verschoben) noch während der Nachentladung seine Bahn wesentlich änderte.

[1]) Annalen der Physik IV. Folge. 1900. 2. p. 623. Meteorol. Zeitschr. 1900. p. 543.

Erfolgt der Elektrizitätsnachfluss sehr gleichmässig, so findet günstigenfalls eine regelmässige Lichtschichtung, Leuchtmassenbildung längs der Entladungsbahn statt (Perlschnur- oder Rosenkranzblitze und Kugelblitze).

Die Leuchtmasse. Bei langdauerndem, nahe kontinuierlichem Elektrizitätsflusse zwischen Wolke und Erde kommt es im Entladungskanale fast ausnahmslos nur zur Bildung einer einzigen Leuchtmasse; nach ihrer Gestalt wird der ganze Entladungsprozess bekanntlich Kugelblitz genannt.

Aus welchen Gründen nur an einer oder mehrern Stellen der Entladungsbahn eine intensive Lichtentwickelung (Bildung einer Leuchtmasse, Lichtkugel, Flamme oder dgl.) stattfindet, lässt sich zur Zeit noch nicht sagen; wir kennen ja selbst für den Büschellichtbogen noch nicht die nötigen und hinreichenden Bedingungen zur Ausbildung von Leuchtmassen. Anzunehmen ist wohl, dass die Leuchtmasse zugleich eine etwas verengte Stelle der Entladungsbahn bezeichnet.

Die Grösse der Leuchtmasse wird sehr verschieden angegeben, meist faust- bis kopfgross. Ihre Gestalt ist wohl stets nur in erster Annäherung als eine Kugel zu bezeichnen. Oft besitzt die Leuchtmasse etwa eiförmige Gestalt; ihre Längsaxe zeigt wahrscheinlich, ähnlich wie diejenige der Leuchtmassen des Büschellichtbogens, die Richtung der elektrischen Strömung an. Oft auch ist die Leuchtmasse nach einer Seite hin flammen-, kerzen-, licht- oder birnförmig zugespitzt. Da die Leuchtmassen sowohl bei positivem wie bei negativem Büschellichtbogen ihre spitze Seite der Anode, die breitere der Kathode zuwenden, so ist vielleicht das Gleiche bei der Leuchtmasse des Kugelblitzes der Fall.

Die Begrenzung der Lichterscheinung ist keine scharfe; die eigentliche Leuchtmasse dürfte meist von einer lichtschwachen, eventuell auch anders gefärbten Lichthülle umgeben sein. Letztere kann einseitig, seltener wohl auch zweiseitig im Entladungskanale sehr lang ausgezogen sein. Der ganze Kugelblitz erscheint dann als längliches Lichtband; die eigentliche Leuchtmasse als etwas verdickte hellste Stelle, wahrscheinlich meist das der Kathode zugekehrte Ende des Leuchtbandes bildend. Diese verlängerte Lichterscheinung bildet schon den Übergang zu dem oben citierten »Feuerstrome«, d. h. zu einer Lichtentwickelung auf der ganzen Entladungsbahn.

Die Farbe der eigentlichen Leuchtmasse ist bei geringer Strömungsintensität bläulich, dann dunkel- oder karminrot, ziegelrot, gelbrot, schliesslich weisslich; in den allermeisten Fällen wird die Leuchtmasse als dunkel-, feurig oder karminrot geschildert.

Die in der Leuchtmasse sich relativ eng zusammendrängenden Strömungsfäden treten nach unten mehr auseinander. Am Boden verbreiten sie sich wohl in der Regel auf ein grösseres Flächengebiet und endigen daselbst in einzelnen Lichtbüscheln, diskreten Glimmlichtpunkten oder auch in Flächenstücken mit zusammenhängender Glimmlichthaut. Dass letztgenannte Lichterscheinungen bei Kugelblitzen bisher nur selten beobachtet wurden, erklärt sich durch ihre relativ sehr geringe Helligkeit. Auch ist es sehr wohl möglich, dass die Stromfäden unter Umständen (auf Wasseroberflächen etc.) lichtlos endigen.

Bewegung der Leuchtmasse. Eine Verschiebung des Entladungskanales durch Luftströmungen (Wind) oder auch wohl unter dem Einflusse elektrischer Kräfte wird an einer Horizontalverschiebung der Leuchtmasse sichtbar. Jedoch findet in der Regel ausserdem noch während der Dauer der nahe kontinuierlichen Entladung eine (Vertikal-)Verschiebung der Leuchtstelle längs des Entladungskanales statt; man beobachtet bei Kugelblitzen ein Aufsteigen oder auch Herabfallen der Leuchtmasse. Wie das Verhalten der Leuchtmassen beim Büschellichtbogen lehrt, kann schon allein eine Änderung der Stromstärke, wie sie ja während des Verlaufes der Kugelblitzentladung stets erfolgen dürfte, die Lage der Leuchtmasse ändern. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass oft auch eine Verschiebung der

Leuchtstelle im Entladungskanale stattfindet, welche der bei konstanter Stromstärke erfolgenden »Wanderung« der Leuchtmassen des Büschellichtbogens analog ist.

Die Leuchtmasse des Kugelblitzes dringt, wie bekannt, auch ins Innere der Häuser, in Zimmer, Küchen etc. ein. Dies ist nach der Auffassung über das Wesen der Kugelblitze nicht auffallend, besonders wenn man bedenkt, dass ja auch sehr intensive Elmsfeuer im Innern von Gebäuden (in Zimmern, Treppenhäusern) beobachtet worden sind, und da allgemein anzunehmen ist, dass über jeder Fläche mit intensiver Elektrizitätsabgabe oder -aufnahme eine Leuchtmasse existenzfähig ist.

Ende des Entladungsprozesses bei Kugelblitzen. Der Abschluss des gesamten Entladungsvorganges findet manchmal völlig lautlos statt. Das Fliessen der Elektrizität im Entladungskanale hört einfach auf, die Leuchtmasse hebt sich lautlos in die Lüfte oder erlischt spurlos; öfters hört man im letztern Falle ein brausendes Geräusch, einen schwachen Knall oder dergleichen. In den meisten Fällen wird jedoch von einer heftigen Detonation am Schlusse der Gesamtentladung berichtet. Es ist dann wohl anzunehmen, dass der Entladungskanal des Kugelblitzes wieder einer gewöhnlichen Blitzentladung, einem Endblitze, als Bahn diente.« Im folgenden giebt Toepler zugleich mit der Beantwortung der Frage nach der Entstehungsursache des Endblitzes die Erklärung dafür, warum bei einzelnen Kugelblitzen die Bewegung der Leuchtmasse völlig geräuschlos erfolgt, bei andern nicht.

Ein länger dauerndes, dem Initialblitze folgendes Nachfliessen von Elektrizität setzt voraus, dass grosse Elektrizitätsmengen erst allmählich zur Entladung verfügbar werden. Hierzu ist es aber nicht nötig, dass auf beiden Seiten der Entladungsbahn eine nahe gleichstarke Hemmung des Elektrizitätsflusses stattfindet. Wie aus den eingangs citierten Untersuchungen hervorgeht, setzt das Auftreten nahe kontinuierlicher Entladung irgendwelcher Art nicht voraus, dass beide Elektroden Halbleiter sind; es genügt, dass wenigstens eine Elektrode sich wie ein Halbleiter verhält. Wenn nun auch Wolke und Erde meist beide bis zu gewissem Grade als Halbleiter aufzufassen sind, so wird doch in der Regel die durchschnittliche Leitfähigkeit in dem einen Endgebiete der Entladungsbahn des Kugelblitzes wesentlich geringer sein als in dem andern. Das vor Ausbildung der Entladung zwischen Wolke und Erde befindliche starke Potentialgefälle dringt dann während der Entladung (entlang vielfach verzweigter Entladungsäste) in die schlechter leitende Elektrode ein; längs des zwischen Wolke und Erde befindlichen Entladungskanales und auf oder in der besser leitenden Elektrode herrscht nur ein geringer Spannungsabfall. Reguliert wird der nahe kontinuierliche Elektrizitätsfluss in der schlechter leitenden Elektrode.

Die Ausgangspunkte der in einer nicht unmittelbar über dem Erdboden schwebenden Leuchtmasse eines Kugelblitzes vereinigten Stromfäden endigen wahrscheinlich häufig nicht auf einer zusammenhängenden Fläche; der Entladungskanal ist in der Nähe des Erdbodens in einzelne getrennte Entladungsstränge gespalten. Dies ist wohl die Voraussetzung dafür, dass sich, wie oft beobachtet ist, eine einzige ursprünglich vorhandene grosse Leuchtmasse gegen Ende der Entladung plötzlich in mehrere kleinere Leuchtkugeln zerteilt. In diesem Falle rückt einfach die zur Ausbildung einer Leuchtmasse günstige Stelle, sich zum Erdboden herabsenkend, schliesslich von der vereinigten Bahn auf die einzelnen Stromstränge, vielleicht einfach infolge allmählich sich ändernder Stromstärke.

Stromstärke bei Kugelblitzen. Der Initialblitz (und der Endblitz) verhält sich natürlich wie ein gewöhnlicher Blitzschlag: in ihm wird also momentan vorübergehend die Stromstärke bis auf mehr als 10000 Ampère steigen können. Das lang dauernde nahe kontinuierliche Elektrizitätsnachfliessen bei Kugelblitzen wird nur mit viel geringerer Stromstärke erfolgen.

Auch wird letztere von Fall zu Fall sehr verschieden und selbst im einzelnen Falle nicht während der Gesamtdauer der Kugelblitzentladung konstant sein.‹ Toepler versucht nun, diese Stromstärke wenigstens ihrer Grössenordnung nach abzuschätzen.

›Aus dem Verhalten kleiner Halbleiterstücke (wie Basalt) als Elektroden ist zu schliessen, dass eine glimmende Oberfläche von 1 *qm* Ausdehnung wohl im günstigsten Falle von 1 Ampère durchströmt wird. Da das Auftreten von intensivern Entladungsformen wohl kaum oft unbemerkt geblieben wäre, entsprechende Angaben aber meist fehlen, so ist anzunehmen, dass die angegebene Strömungsdichte in der Regel bei Kugelblitzen kaum erreicht wird. Nehmen wir ferner an, dass eine nahe dem Erdboden schwebende Leuchtmasse die Stromfäden von höchstens 4 *qm* glimmender Oberfläche zusammenfasst, so würden wir auf eine Stromstärke von höchstens 4 Ampère schliessen können.

Einen zweiten Schätzungswert der Stromstärke im Kugelblitze erhalten wir folgendermassen: Der Querschnitt einer Leuchtmasse des Büschellichtbogens beträgt bei 1 Milliampère Stromstärke etwa 1 *qmm*, ihre Leuchtintensität ist hierbei freilich keine besonders starke; immerhin würde ein Raum von etwa 1 *cdm* Inhalt mit der gleichen räumlichen Leuchtintensität ein sehr auffallendes, auch bei Tage weithin sichtbares Leuchtobjekt bilden. Nun wird die Leuchtmasse bei Kugelblitzen in den meisten Fällen als hühnerei- bis kindeskopfgross angegeben. Nehmen wir für letztern Fall den Querschnitt der Leuchtmasse zu 150 *ccm* an und die Stromdichte gleich 1 Milliampère pro Quadratmillimeter, so erhalten wir für den Kugelblitz eine Stromstärke von 15 Ampère.

Aber auch noch auf einem dritten Wege gelangt man zu einer Abschätzung der Stromstärke bei Kugelblitzen. Wir wissen, dass die Elektrizitätsmenge, welche bei starken Blitzschlägen entladen wird, etwa 60 bis 100 Coulomb beträgt. Nehmen wir an, ein intensiver Kugelblitz entlade langsam die gleiche Elektrizitätsmenge, und berücksichtigen wir, dass in den meisten Fällen die angegebene Dauer des Kugelblitzes 5—30 Sekunden beträgt, so würde die Stromstärke in Kugelblitzen zu 20—2 Ampère anzunehmen sein.

Die auf drei ganz verschiedenen Wegen geschätzten Stromstärken zeigen der Grössenordnung nach auffallend gute Übereinstimmung. Bei sehr kurz dauernden intensiven Kugelblitzen werden natürlich noch viel höhere Stromstärken vorkommen, im allgemeinen hat man aber schon die oben geschätzten Werte als obere Grenzwerte anzusehen. Recht wohl denkbar ist auch das Auftreten von Kugelblitzen mit wesentlich kleinerer Stromstärke; in der Krone des positiven Büschels findet schon bei einer Stromdichte von nur 0.05 Milliampère pro Quadratzentimeter ein (schwaches) Leuchten statt; hiernach würde das Auftreten einer, wenn auch sehr lichtschwachen, bläulichen Leuchtmasse von Kindeskopfgrösse schon bei einer Stromstärke von 0.01 Ampère denkbar sein.‹

20. Optische Erscheinungen.

Die Helligkeit des heitern Himmels und die Beleuchtung durch Sonne, Himmel und Rückstrahlung bildet den Gegenstand einer vieljährigen theoretischen Untersuchung von Chr. Wiener, die nach dessen Tode von seinen Söhnen H. und O. Wiener herausgegeben wird.[1] Eine kurze Analyse dieses für die atmosphärische Optik grundlegenden Werkes hat Z. Weber gegeben[2] auf die hier verwiesen werden muss.

[1] Abhdlg. d. Kaiserl. Leop. Carol. Ak. d. Naturf. Nova Acta 73. N. 1.
[2] Meteorol. Zeitschr. 1901. p. 43.

Die scheinbare Vergrösserung der Gestirne in der Nähe des Horizontes bildet den Gegenstand einer umfassenden Studie von Prof. Dr. Eugen Reimann.[1]) Er stellt in dieser Abhandlung mit grosser Vollständigkeit alle dieses Problem betreffenden frühern Arbeiten kritisch dar und fügt eigene wichtige Beobachtungen bei.

21. Witterungsperioden und Wetterprognosen.

Sonnentemperatur, Regenfall und Hungerjahre in Indien. Norman und W. J. S. Lockyer haben in den Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu London eine umfangreiche Untersuchung veröffentlicht über den Zusammenhang zwischen den Unregelmässigkeiten des Regenfalles in Indien mit gewissen periodischen Vorgängen auf der Sonne. Schon früher hat man an einen Zusammenhang mit der elfjährigen Periode der Sonnenflecke gedacht, allein der genaue Vergleich mit den Zeiten des Misswachses hat keine ausreichende Übereinstimmung nach dieser Richtung hin erkennen lassen. Indessen ist es doch wahrscheinlich, dass Vorgänge auf der Sonne in dieser Beziehung eine Rolle spielen, und die beiden Lockyer haben weitere Untersuchungen darüber angestellt. Sie kamen zu dem Ergebnisse, dass die Temperatur der äussern Schichten des Sonnenballes zu gewissen Zeiten höher und zu andern niedriger ist als im Durchschnitte. Ihre Beobachtungen des Aussehens gewisser dunkler Linien im Spektrum der Sonnenflecke führten sie zunächst darauf, zwei Klassen dieser Linien zu unterscheiden, die sie als »bekannte« und »unbekannte« Linien bezeichnen. Sie kamen dann ferner zu dem Ergebnisse, dass die erstern am zahlreichsten sichtbar sind, wenn die Sonnentemperatur niedriger ist als zu andern Zeiten. Sind die »unbekannten« Linien am zahlreichsten, so ist die Sonnentemperatur am höchsten, dagegen ist sie auf einem mittlern Stande, wenn beide Klassen von Linien etwa gleich zahlreich sind. Stellt man die Häufigkeit dieser Linien in den verschiedenen Jahren durch Kurven dar und ebenso die Häufigkeit der Sonnenflecke, so ergiebt sich, dass diese Kurven völlig voneinander verschieden sind. Ihre Auf- und Abstiege sind scharf ausgeprägt und ebenso die Kreuzungen. Letztere fallen (seit 1879) auf die Jahre 1881, 1886—1887 und 1892 und weisen für diese auf einen mittlern Stand der Sonnentemperatur hin, doch hat die für 1897 erwartete Kreuzung bis jetzt nicht stattgefunden. Die Genannten haben nun weiter untersucht, wie sich die Regenfälle zu den angenommenen Temperaturschwankungen der Sonne verhalten. Sie haben zu diesen Untersuchungen Indien gewählt, weil man erwarten darf, dass die entsprechenden Vorgänge in tropischen Gegenden am einfachsten und klarsten sich darstellen, dann aber auch,

[1]) Progr. d. Kgl. Gymnasiums z. Hirschberg 1901. Gaea 1901. Heft 11/12.

weil die Regelmässigkeit des Regenfalles in Indien gerade zu jener Zeit sehr gestört erschien, als die Beobachtungen der genannten Linien im Spektrum der Sonnenflecke eine grosse Abweichung vom normalen Verhalten zeigten. Die Untersuchung der Regenfälle 1877 bis 1886 beim SW-Monsun ergab, dass in den Jahren mit Überschuss der Sonnentemperatur über die mittlere, in vielen Teilen Indiens auch die Regenfälle über normal waren, in den Jahren mit vermindeter Sonnentemperatur dagegen unter normal. Solches trat in der Regel im ersten Jahre nach dem mittlern Zustande hervor, d. h. 1877—1878 und 1882—1883, Daten, welche, wie Lockyer behauptet, auch, allerdings verspätet, den Maximum- und Minimumperioden der Sonnenflecke nahe liegen. Die Untersuchung der Eliotschen Regentabelle von ganz Indien 1875—1896, welche den SW- und den NO-Monsun umfasst, zeigte während eines zweiten Sonnenfleckcyklus, dass der mittlern Sonnentemperatur eine Abweichung des Niederschlages folgt, ferner ergab die Untersuchung der Niederschläge im Himalaya, dass die Regen- und Schneemenge in den Jahren der Häufigkeitszunahme der »unbekannten« Spektrallinien grösser ist. Der Regenfall auf der Insel Mauritius erreichte sein Maximum in den Jahren 1877 und 1882, Minima 1880 und 1886, so dass die Maxima der Niederschläge dort ungefähr nach der Zunahme der »bekannten« Linien des Sonnenfleckspektrums erfolgten. Die Verzögerung um ein Jahr, nach welchem die Wirkung der Schwankung von Mauritius auch in Ceylon und Indien eintritt, entspricht der Erwartung, dass der Regen beim Sonnenfleckminimum von Süden heraufrückt. Die Thatsache, dass die Abweichungen des Jahres 1882 in Mauritius und Indien gleichzeitige waren, ist nach Lockyer ein strenger Beweis für den Ursprung des indischen Regenfalles zur Zeit des Sonnenfleckmaximums in den Äquatorialregionen. Für Indien zeigen sich zwei Maxima des Regenfalles, das eine nahe um die Zeit der zahlreichsten Sonnenflecke, das andere nahe zusammenfallend mit den Jahren der wenigsten Flecken, ferner liegen die Hungerjahre in den Zeiten zwischen den beiden regenreichen Epochen. Sie zeigen nach Lockyer einen elfjährigen Cyklus, allein dieser ist keineswegs auf ein oder zwei Jahre verbürgt, sondern aus den Angaben folgt, dass durchschnittlich mangels Regen alle fünf bis sechs Jahre ein Hungerjahr in Indien zu erwarten ist. Man käme also bei den Schwankungen des Cyklus aus den Vorbereitungen auf Misswachs niemals heraus, d. h. mit andern Worten: die berechnete Periode hat vielleicht wissenschaftlichen, aber sicher keinen praktischen Wert. Die Lockyer haben sie auch nicht benutzt, um die nächsten Hungerjahre für Indien zu berechnen, was doch am naheliegendsten gewesen wäre.

Der praktische Unwert von Wetterprognosen auf mehrere Tage im voraus wurde im 11. Bande dieses Jahrbuches be-

leuchtet und nachgewiesen, dass die Behauptung, ein ausgedehnter »Witterungsdienst« sei von grossem Nutzen für die Landwirtschaft, völlig ungerechtfertigt ist. Das Jahr 1901 hat jetzt wiederum eine Anzahl Belege geliefert, welche beweisen, wie es um diesen angeblichen Nutzen der Meteorologie bestellt ist. Nur zwei Wetterperioden mögen zur Illustrierung hier hervorgehoben werden. Zunächst die Regenzeit vom 12.—16. September. Während dieser Zeit ist ein grosser Teil Mitteleuropas von Regenfällen betroffen worden, die ungewöhnliche Dauer zeigten. Die Einzelbeobachtungen liegen zwar noch nicht vor, allein so viel ist gewiss, dass an manchen Orten die Dauer des ununterbrochenen Regens länger gewesen sein dürfte, als sie seit vielen Jahren war. Die ersten Spuren der Wetterlage, die diese Regenperiode für Mitteleuropa brachte, zeigten sich am 11. September in einer flachen Depression über dem Ligurischen Meere, während hoher Luftdruck über Skandinavien und am Kanale lagerte. Kein meteorologisches Anzeichen aber hat am 11. September einen sichern Schluss gestattet, dass die unscheinbare Depression auf dem Ligurischen Meere die Alpen übersteigen und bis zum 16. September ganz Mitteleuropa mit Regen überschütten würde. Diejenigen, welche behaupten, es sei möglich, auf mehrere Tage im voraus das Wetter zu bestimmen, hätten am Morgen des 11. September eine gute Gelegenheit gehabt, ihre Weisheit anzubringen; aber natürlich haben sie geschwiegen. Der Monat Oktober brachte eine klägliche Niederlage für das »Sturmwarnungswesen«. Der Orkan vom 6. Oktober und sein Nachfolger, die in Grossbritannien, Frankreich, Belgien, Deutschland und auf der Nordsee schreckliche Verwüstungen anrichteten, sind den meteorologischen Observatorien und Sturmwarnungsstellen völlig unerwartet gekommen; von keiner Seite sind diese Unwetter auch nur 24 Stunden vorher angezeigt worden. Am 5. Oktober lag nördlich von Schottland eine barometrische Depression von unter 740 *mm*, eine flache mitten über Deutschland und mässig hoher Luftdruck westlich von Frankreich. Bis zum Mittage stieg das Barometer im westlichen Deutschland noch, und alles deutete darauf, dass eine atmosphärische Störung nicht wahrscheinlich sei. Um 2 Uhr nachmittags war das Barometer im Nordseegebiete indessen in raschem Fallen, doch erschien die Wetterlage noch so wenig gefahrdrohend, dass die deutsche Seewarte für den 6. Oktober nur »auffrischende Winde aus westlichen Richtungen« in Aussicht stellte, das königl. belgische meteorologische Institut meldete »mässigen bis ziemlich starken West.« Das Berliner Wetterbureau sagte für den 6. Oktober »mässige nordwestliche Winde« voraus. Gegen 8 Uhr abends war aber der Zustand der Atmosphäre schon ein wesentlich anderer; an der norwegischen Südküste lag das Zentrum eines Luftwirbels, der nicht nur im Nordseegebiete stürmische Winde verursachte, sondern auch schon im Innern Deutschlands. Aber erst, nachdem der Wind schon fast stürmisch war, und jeder Seefahrer einsah, was kommen

werde, um 9 Uhr abends, sandte die Seewarte die erste Warnungsdepesche vor Sturm an die Stationen der Küste von Leba bis Borkum, am andern Morgen $9^1/_2$ Uhr eine zweite Warnung an die Küste bis Memel. Die Zerstörungen, welche das Unwetter anrichtete, sind aus zahlreichen Berichten bekannt; meteorologisch ist wichtig, dass südlich von der Hauptdepression mehrere kleinere Luftwirbel sich bildeten, die, von Gewittern und gewaltigen Regenfällen begleitet, von W nach O zogen, die eine davon über Belgien mit einer Geschwindigkeit von 75 *km* in der Stunde. Am 7. Oktober dauerte das stürmische Wetter noch fort, und das Zentrum des grossen Luftwirbels lag über der Ostsee; am folgenden Tage war es nordwärts bis fast zum Bottnischen Meerbusen fortgeschritten, und hoher Luftdruck begann sich über Frankreich auszudehnen. Alles deutete auf ruhigere Witterung, und dem entsprechend lautete die Voraussage des belgischen meteorologischen Instituts auf »mässigen westlichen und südwestlichen Wind«, der deutschen Seewarte auf »zunächst schwächern Wind aus westlichen Richtungen«. Es kam aber wiederum anders. Über der südlichen Nordsee bildete sich während der Nacht unvermutet ein neuer Luftwirbel, dessen Mittelpunkt am 9. morgens an der Westküste von Schleswig lag. Abermals wuchs der Wind zum schweren Sturme an, schon früh morgens an der niederländischen Küste und im deutschen Binnenlande, im Laufe des Vormittages war auch die Nordsee in vollem Aufruhre. Dieses Sturmfeld entfernte sich am nächsten Tage rasch nach der russischen Grenze hin, und am 11. Oktober trat endlich ruhiges Wetter ein.

Aus diesen Beispielen, die durch Hinzufügung von zahlreichen irrigen Wetterprognosen selbst für den nächsten Tag leicht vermehrt werden können, wird ersichtlich, wie es im Jahre 1901 um den praktischen Erfolg der Wetterprognosen bestellt war. Nur wer die Thatsache nicht kennt oder verschweigt, kann von dem »grossen Nutzen«, den die praktische Meteorologie der Landwirtschaft zu leisten in der Lage sei, sprechen.

Druck von Robert Noske, Borna-Leipzig.